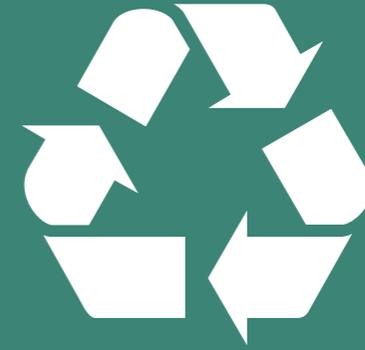


**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ  
ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТАНА**

**Бисенов К.А., Жалгасулы Н., Танжарыков П.А.,  
Когут А.В., Исмаилова А.А.**

**Бисенов К.А., Жалгасулы Н., Танжарыков П.А.,  
Когут А.В., Исмаилова А.А.**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ  
ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТАНА**



**Бисенов К.А., Жалгасулы Н., Танжарыков П.А.,  
Когут А.В., Исмаилова А.А.**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ  
ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТАНА**



Кызылорда, 2021

УДК 658.567.1  
ББК 30.16  
Т38

Рекомендовано к изданию Ученым советом Кызылординского университета имени  
Коркыт Ата №14 от 14.06.2021

Рецензенты:

**Нурпейсова М.Б.** – профессор Казахского национального исследовательского  
технического университета имени К.И.Сатпаева, доктор технических наук.

**Бекбергенов Д.К.** – заведующий лабораторией Института горного дела им Д.А.Кунаева,  
кандидат технических наук.

**Аппазов Н.О.** – профессор Кызылординского университета им Коркыт Ата, кандидат  
химических наук.

**Бисенов К.А. и др.**

Т38 **Технология переработки отходов предприятий Казахстана.**

**Бисенов К.А., Жалгасулы Н., Танжарыков П.А., Когут А.В.,  
Исмаилова А.А., – Кызылорда: «Тұмар», 2021. – 344 с.**

**ISBN 978-601-229-772-0**

В книге приведены новые технические решения и рекомендации по снижению негативных последствий влияния техногенных отходов (ТМО) горнодобывающей отрасли путем создания новых технологии их переработки и биологической рекультивации нарушенных земель.

Представлены результаты многолетних исследований по переработке промышленных отходов горнодобывающих предприятий, золы ТЭЦ, некондиционного угля, а также биорекультивации их пылящих поверхности.

Впервые дана технология получения препарата-стимулятора роста растений из казахстанских бурых углей и экспериментально подтверждена его эффективность по повышению урожайности культурных растений на низкопродуктивных почвах. Приведены результаты испытаний образца препарата и агроприемов на различных типах низкопродуктивных почв. Методом биотестирования определены концентрации водных растворов гуминового препарата для обработки семян сельскохозяйственных культур, технологические параметры подготовки семян к посеву (продолжительность обработки гуминовым препаратом, отлежки семян, сушки), определены оптимальные условия высева семян в почву (влажность, температура, засоление и др.).

На страницах данной книги вы найдете технологию получения строительных материалов с использованием золошлаков ТЭЦ. Обоснован состав и осуществлен выбор компонентов смесей с использованием золошлаков. Получение цементозолошлакового и битумозолошлакового вяжущих для устройства оснований автодорог и определение их основных параметров осуществлены на базе Центральной лаборатории сертифицированных испытаний строительных материалов (г.Алматы).

В книге изложены основные принципы переработки некондиционного бурого угля Кияктинского и Ой-Карагайского месторождений. Также дается технология переработки хвостов обогащения с получением сухих строительных смесей, позволяющая значительно снизить себестоимость этой продукции.

Книга представляет интерес для научных работников, производственников, а также преподавателей и студентов ВУЗов.

**ISBN 978-601-229-772-0**

УДК 658.567.1

ББК 30.16

© Бисенов К.А. и др. 2021

Университет имени Коркыт Ата, г.Кызылорда  
Институт Горного дела им. Д.А.Кунаева НАН РК, г.Алматы

© «Тұмар», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТХОДОВ РЯДА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТАНА, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	9
1.1 Общая характеристика и использование отходов промышленных предприятий .....	9
1.1.1 Отходы предприятий горного и обогатительного производств .....	9
1.1.2 Отходы предприятий, разрабатывающих бурогольные месторождения	19
1.1.3 Отходы предприятий энергетического комплекса .....	23
1.2 Влияние отходов отдельных промышленных предприятий на окружающую среду .....	27
1.2.1 Отходы производства АО «Костанайские минералы» .....	27
1.2.2 Отвалы некондиционного угля Кияктинского и Ой-Карагайского бурогольных месторождений .....	36
1.2.3 Отходы золошлаков ТЭЦ АО «ССГПО» .....	48
1.3 Характеристика состояния отходов производства по отдельным группам факторов .....	56
1.4 Методические и технические решения по снижению вредного воздействия отходов производства на окружающую среду .....	60
1.4.1 Методические принципы контроля состояния отходов производства .....	60
1.4.2 Методы проведения рекультивации накопителей отходов производства .....	67
1.4.3. Новые технические решения по рекультивации накопителей отходов производства .....	77
ВЫВОДЫ .....	81
2. ГЛАВА II. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД .....	83
2.1 Использование отходов горнодобывающих производств для получения различных строительных материалов .....	83
2.2 Качественная характеристика хвостов обогащения руд и обоснование состава шихты для получения новых композиционных материалов .....	89
2.2.1 Определение качественных характеристик хвостов обогащения некоторых горно-добывающих предприятий .....	89
2.2.2 Обоснование состава шихты с учетом адгезионных и аутогезионных свойств модифицирующих добавок для получения новых композиций закладочных и других строительных материалов .....	92
2.3 Методика получения композиционных материалов и лабораторные исследования новых составов на основе хвостов обогащения руд .....	99
2.3.1 Методика получения композиционных смесей .....	99

2.3.2 Лабораторные исследования по получению новых составов строительных материалов на основе хвостов обогащения медных, асбестовых и карбонатных полиметаллических руд .....	102
2.4 Разработка составов композиций сухих строительных смесей .....	131
2.4.1 Оптимизация технологических параметров получения композиционных материалов с использованием отходов обогащения Жезказганской и Кентауской обогатительной фабрики .....	132
2.4.2 Выбор приоритетных составов композиций и оценка их техничко-экономической эффективности .....	140
ВЫВОДЫ .....	143

### 3. ГЛАВА III. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА ИЗ БУРОГО УГЛЯ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ .....

3.1 Существующие способы получения гуматов .....	144
3.2 Технология получения гуминового препарата из бурого угля .....	147
3.2.1 Экспериментальные исследования по биорекультивации отходов обогащения асбестовых и марганцевых руд .....	158
3.2.2 Опытные-промышленные испытания на хвостохранилище Жездинской ОФ .....	165
3.2.3 Энергетическая емкость растворов гуминового препарата и почв .....	171
3.3 Применение гуминового препарата для повышения урожайности с/х культур.....	176
3.3.1 Влияние концентрации водных растворов препарата и времени их обработки на семена с/х культур .....	176
3.3.2 Влияние уровня влажности и засоления почв при посеве семян, обработанных гуминовым препаратом .....	184
3.4 Оптимизация технологических параметров получения гуминовых препаратов для проведения полевых испытаний .....	190
3.4.1 Оптимизация параметров предпосевной обработки семян гуминовым препаратом при полевых испытаниях .....	191
3.4.2 Оптимизация глубины заделки, обработанных гуминовым препаратом семян зерновых культур .....	195
3.4.3 Оптимизация технологических режимов применения препарата при возделывании пшеницы и сои .....	198
3.4.4 Оптимизация технологических режимов применения препарата при возделывании риса .....	210
3.5 Экономическая эффективность применения гуминового препарата при возделывании сельскохозяйственных культур на низкопродуктивных почвах Казахстана .....	212
ВЫВОДЫ .....	219

### 4. ГЛАВА IV. ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ ТЕПЛОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ .....

4.1 Изучение химического состава и физико-технических свойств золошлаков ТЭЦ АО «ССГПО» .....	221
--	-----

4.2 Обоснование составов и подбор компонентов смесей для получения строительных материалов .....	228
4.3 Технологии получения цементозолошлакового и битумозолошлакового вяжущих .....	238
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	244
<b>5. ГЛАВА V. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕКОНДИЦИОННЫХ УГЛЕЙ КИЯКТИНСКОГО И ОЙ-КАРАГАЙСКОГО БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> .....	246
5.1 Технология переработки в топливные брикеты низкосортных углей Кияктинского месторождения .....	246
5.1.1 Определение свойств бурых углей месторождения Киякты .....	246
5.1.2 Особенности брикетирования угля и методическое обоснование состава шихты .....	252
5.1.3 Методика лабораторных исследований по окускованию некондиционного угля .....	262
5.1.4 Подбор связующих и их характеристика .....	265
5.1.5 Лабораторные исследования и результаты испытания буроугольных брикетов .....	281
5.1.6 Исследование взаимосвязи физико-химических свойств угля с технологическими параметрами .....	292
5.1.7 Проведение укрупненных опытных испытаний по брикетированию некондиционного угля .....	299
5.2 Брикетирования некондиционного угля «Ой-Карагайского» месторождения .....	305
5.2.1 Общая характеристика и технологическая привлекательность предлагаемых топливных брикетов .....	305
5.2.2 Факторы, влияющие на процесс брикетирования со связующими .....	309
5.2.3 Подбор компонентов состава шихты брикетирования .....	310
5.2.4 Экспериментальные работы по получению различных форм брикетов из некондиционного угля .....	313
5.2.5 Оценка эколого-экономической эффективности технологии брикетирования некондиционного угля месторождения Ой-Карагай .....	322
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	327
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	329

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе добычи и последующей переработки минерального сырья на горнодобывающих предприятиях происходит образование отходов производств, которые занимают большие площади, пригодные для с/х работ. Складирование и хранение отходов производств, представленных вскрышными породами, хвостами обогащения и золошлаками приводит не только к долгосрочному изъятию земель, но и значительному негативному воздействию на все компоненты окружающей среды в зоне их размещения. В Казахстане складировано свыше 50 млрд тонн отходов горнодобывающих предприятий, ежегодным пополнением на 1 млрд тонн, которые загрязняют атмосферу различными газами, пылью, оксидами тяжелых элементов и др.

Одним из возможных направлений, позволяющих снизить опасное влияние отходов производства на окружающую природную среду, является переработки их с получением востребованных продукции.

В качестве объекта исследований выбраны отходы производства АО «Костанайские минералы», бурые угли Кияктинского и Ой-Карагайского месторождений, отходы Кентауской и Жезказганской обогатительных фабрик, а также золошлаковые отходы ТЭЦ АО ССГПО.

Изучены качественно-количественные характеристики отходов производства на выбранных объектах и произведена оценка их влияния на все компоненты окружающей среды, что позволило разработать предложения по проведению защитных природоохранных мероприятий и совершенствованию системы контроля экологической обстановки в зоне размещения вскрышных пород и хвостов обогащения, а также дать рекомендации по проведению рекультивационных работ на хвостохранилищах.

В настоящее время оформляется новый подход к созданию техногенного ландшафта, определяющий приоритет обеспечения долговременной стабильности равновесия природных процессов как наивысшей ценности по отношению к экономической прибыли и потребности отдельных предприятий.

Стремление к росту производства и снижению себестоимости сухих строительных смесей привело к поиску альтернативных составляющих компонентов-наполнителей. Одним из перспективных источников наполнителей для сухих смесей являются твердые минеральные отходы в качестве активных добавок и наполнителей для цемента и бетонов.

Проведен анализ отходов горнорудного производства Республики Казахстан; определены качественные характеристики техногенного минерального сырья; разработаны композиции сухих строительных смесей с использованием отходов обогащения медных руд Жезказганского месторождения и карбонатных полиметаллических руд Кентауской обогатительной фабрики; проведен анализ физико-механических свойств разработанных композиции; оптимизированы составы разработанных

композиций; разработана технология получения сухих строительных смесей; проведен расчет технико-экономической эффективности разработанной технологий.

Модифицированные гуминовые соединения входят в состав бурых углей и являются веществами не синтетического происхождения, не токсичны для человека и экосистемы в целом, что является положительным моментом их использования для различных нужд. Казахстан располагает значительными запасами бурых углей, являющихся сырьем для получения этих материалов. Несмотря на наличие в Республике крупных месторождений бурых углей и достаточно развитой инфраструктуры для выпуска такой продукции, их производство не налажено. Поэтому разработка и промышленное внедрение технологии получения модифицированных гуминовых препаратов из природного углеводородного сырья является актуальной задачей, а создание производства таких материалов способствует расширению экспортного потенциала Республики по импортозамещению.

Засушливый климат, дефицит водных ресурсов и значительное участие в засоленных почв в структуре почвенного покрова, особенно Юго-Казахстана являются серьезным препятствием для повышения продуктивности земельных угодий классическими методами.

Авторами разработана технология получения гуминовых препаратов из бурого угля, представительная партия, которой была опробована в качестве стимулятора роста различных с/х культур в экстремальных почвенно-климатических условиях Республики Казахстан.

Для решения задачи эффективного использования низко продуктивных земель и повышения-рентабельности сельскохозяйственного производства разработаны нестандартные методологические подходы, базирующиеся на принципиально новой научно-теоретической концепции энергоинформационного земледелия.

Рациональное применение на полях физиологически активных гуминовых препаратов-адаптогенов с полифункциональными свойствами, повышающих биоэнергетику и экологическую устойчивость сельскохозяйственных культур к экстремальным факторам среды обеспечивает сельхозпроизводителей надежным средством для повышения урожайности товарной продукции с минимальной зависимостью от неблагоприятных почвенно-климатических условий.

Получаемый, по разработанной технологии препарат будет конкурентоспособен на внутреннем и внешнем рынках вследствие его невысокой цены, экологической чистоты, доступности и эффективности. Кроме того, при получении гуминового препарата применяется дешевое местное сырье и доступные реагенты, производство его базируется на использовании типового оборудования. Налаживанием производства по технологии, которая разработана на основе представленных исследований, позволит не только заменить импортируемые в Казахстан аналоги, но и экспортировать

гуминовый препарат, так как импортные аналоги уступают по свойствам и цене.

Экстенсивное ирригационное освоение почв в пустынной и предгорной пустынно-степной зонах Казахстана без достаточного научного обоснования привело к трагедии Арала, Или-Балхашской проблеме, нерациональному использованию водных ресурсов, практически их полному исчерпанию, деградации почвенного покрова, в частности прогрессирующему вторичному засолению, заболачиванию и опустыниванию ландшафтов, загрязнению почв и дренажно-сбросных вод ядохимикатами и солями тяжелых металлов, снижению рентабельности сельскохозяйственного производства.

Появилась проблема «бросовых» земель и неперспективных аулов. Только в Кызылординской и Алматинской областях более 30 тыс га рисовых земель в условиях интенсивного вторичного засоления превратились в солевые пустыни, покрытые редкими кустарниками солевыносливых галофитов. Насыщенные губительной солью земли превращаются в скудные пастбища и источник аэрозольной горько-соленой пыли, которая переносится воздушными массами на тысячи километров, отравляя все живое.

В настоящее время на территории Казахстана накоплено более 500 млн тонн золошлаковых отходов тепловых электрических станций, запасы которых к 2030 г. увеличатся до 1 млрд тонн. Известно, что хранение золоотходов является весьма затратным мероприятием. По экспертным оценкам инвестиции в реконструкцию одного золошлакового отвала могут достигать 5 млрд тенге, а строительство нового обходится в 10-12 млрд тенге. Складирование золошлаковых отходов приводит не только к изъятию значительных земельных площадей, но и вызывает весьма существенное загрязнение окружающей среды в зоне их расположения. На отечественных горнодобывающих предприятиях золошлаки практически не используются. В странах ближнего зарубежья уровень использования зол и шлаков не превышает 7–10 %, в тоже время в развитых европейских странах он достигает 70% и более.

В книге даются технологии брикетирования некондиционного угля; используемого для стабилизации буровых растворов при бурении глубоких скважин; выделения препаратов-стимуляторов роста растений из бурых углей; переработки золошлаковых отходов ТЭЦ; переработки хвостов обогащения руд с получением сухих строительных смесей и др.

Некоторые приведенные технологии авторов книги были ранее опубликованы эпизодически в различных изданиях с небольшими тиражами, по этой причине они не дошли до читателей. В настоящей книге дается более полное изложение предлагаемых технологий с учетом новых данных, полученных в результате дополнительных экспериментальных работ.

# **ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТХОДОВ РЯДА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТАНА, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

## **1.1 Общая характеристика и использование отходов промышленных предприятий**

В Казахстане накоплено свыше 50 млрд. т твердых отходов производства, которые ежегодно пополняются на отвалах еще на 1 млрд. т. Из этих отходов большая часть (58%) приходится на отходы черной и цветной металлургии.

### **1.1.1 Отходы горного и обогатительного производств**

В результате добычи и последующей переработки минерального сырья на территории Казахстана накоплены большое количество твердых отходов (ТМО), которые занимают значительные площади и загрязняют окружающую среду. Основная масса отходов горнорудного производства возникает при ведении вскрышных и горнопроходческих работ. При этом больше всего отходов образуется в процессе разработки месторождений черных и цветных металлов. Процесс обогащения руд позволяет извлекать в концентраты 75-85 % основных металлов, остальная же часть поступает в накопители отходов (хвостохранилища и шламоохранилища). Руды большинства месторождений РК являются комплексными и вместе с основными компонентами, содержат примеси благородных, рассеянных и редких элементов, которые во многих случаях также поступают в отвалы. То есть металлосодержащие ТМО представляют собой потенциальное сырье для дополнительного извлечения цветных, черных и благородных металлов, редкоземельных элементов.

Промышленному освоению металлосодержащего техногенного сырья способствует то обстоятельство, что в связи с истощением запасов богатых руд и ухудшением горно-геологических условий отработки месторождений на некоторых предприятиях происходит высвобождение мощностей обогатительных фабрик и металлургических заводов.

На предприятиях горнопромышленного производства Казахстана накоплено свыше 17 млрд. т. техногенных минеральных образований занимающих площади свыше 224 км<sup>2</sup> [1]. Ежегодно их количество возрастает приблизительно на 1,5 млрд. т. [2]. Так, в Карагандинской области сосредоточены самые большие запасы ТМС обогатительного производства - свыше 2.8 млрд. тонн, занимающие территорию более 89 км<sup>2</sup> (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Количественная характеристика ТМО обогатительного производства по областям РК

Наименование области	Количество ТМО	Запасы ТМО, тыс. тонн	Площадь ТМО, км <sup>2</sup>
Акмолинская	11	76834,50	12,30
Актюбинская	8	30675,30	6,30
Алматинская	5	47914,90	2,99
Восточно-Казахстанская	39	887914,57	19,57
Жамбылская	6	44188,93	1,58
Карагандинская	37	2809342,13	89,20
Костанайская	4	611101,70	27,45
Павлодарская	2	8770,86	1,23
Южно-Казахстанская	5	142355,30	3,52

Цветная металлургия Казахстана представлена 24 предприятиями трех основных подотраслей: медно-алюминиевой, свинцово-цинковой и золоторедкометальной. Наибольшее количество отходов представлено породами попутной добычи и вскрыши – 72%, отходы обогащения составляют 26,4% и отходы металлургического производства – 1,6%. Отходы обогащения образуются на 23 действующих обогатительных фабриках, причем наибольшее количество (60%) хвостов накоплено на предприятиях медной подотрасли. В свинцово-цинковой подотрасли накоплено 29% отходов обогащения, из них около 35% в законсервированных хвостохранилищах. Золоторедкометальная подотрасль располагает наибольшим количеством обогатительных фабрик, но накопленных хвостов обогащения значительно меньше (11%), из них в законсервированных хвостохранилищах менее 1%.

Ежегодный выход отходов, представленных горными породами составляет 156,8 млн.т., а хвостами обогащения -56 млн.т [3].

Черная металлургия Казахстана представлена железорудной, хромоворудной и марганцеворудной промышленностью, которую представляют 5 горнообогатительных и 3 металлургических предприятия. Отходы попутной добычи – 92,8%, обогащения – 6,%, металлургического передела – 1,1%. Распределение отходов по подотраслям следующее: железорудная – 84,3%; хромоворудная – 11,2%, марганцеворудная – 4,5%.

По объему ежегодного выхода отходов горного производства ведущее место в отрасли занимают железорудные предприятия. На их долю приходится 53,8 млн.м3 пород в год или 79,9% общего объема годового выхода отходов горного производства. Доля предприятий марганцевой подотрасли составляет 2,6 млн.м3 (или 3,8%) и хромитовой – 12,1 млн.м3

(или 16,3%). Среднегодовой выход отходов обогащения в железорудной промышленности составляет 19,66 млн.т., в хромовой – 368,3 тыс.т, в марганцеворудной – 124 тыс.т.

Самыми крупными поставщиками всех видов отходов среди предприятий черной металлургии Казахстана является АО ССГПО и ОАО Лисаковский ГОК.

Отходы горного и обогатительного производства подразделяются на две группы: нерудные и металлосодержащие. Если принять общее содержание полезных компонентов в металлосодержащих отходах цветной металлургии Казахстана за 100%, то на долю барита приходится до 57%, цинка – до 27%, меди – 4%, свинца – 10%, прочих – 2%. Основная часть металлосодержащих отходов черной металлургии представлена железом, хромом и марганцем [3,4].

Большая часть вскрышных пород не содержит ценных полезных компонентов или содержит в небольших количествах. К ним относится глинозем, содержащийся во вторичных кварцитах и серицитовых сланцах до 15-20%. Породы с содержанием глинозема от 7 до 30% встречаются в отходах эксплуатации почти всех месторождений полиметаллических и медных руд Рудного Алтая, Южного и Центрального Казахстана. Содержание глинозема во вскрышных породах Тургайской группы бокситовых месторождений достигает 25%, а в некондиционных попутно добываемых бокситах АО «Краснооктябрьское бокситовое рудуправление» его содержание 30-35%. Химический анализ вскрышных пород показывает содержания (%): хрома - 2, кремнезема – 38,7, железа- 8.96, алюминия – 1,51, титана - 0,05, магния – 38,64, марганца – 0,11, никеля – 0,2, кобальта - 0,005.

Минералогический состав( % ): серпентин 73 – 77, оливин 15 – 17, магнетит 7 – 9, хромшпинелид - 1.

В отвалах сульфидных, окисленных и комплексных руд АО «Балхашмыс» содержание меди составляет 0,72%, а в отвалах подземных разработок содержится - 0,68% меди.

Отвалырудника Туяук-АО«Текелийскийсвинцово-цинковыйкомбинат», представленные смесью пород и рядовых руд, имеют содержание свинца по отдельным пробам до 2,1%. Содержания свинца, цинка, меди и других компонентов от 0,005 до 0,4% отмечаются в отходах горного производства АО «Карагайлинское рудуправление», ОАО «Лениногорский ПК» и АО «Зыряновский горнообогатительный комплекс».

Отходы обогащения руд цветных, благородных и редких металлов – глубоко перетертая масса, отличающаяся от исходной руды только более низкими содержаниями основных и попутных полезных компонентов. Это легкий и тонкодисперсный материал, состоящий из песков и смывов с водонасыщением 20 - 50%, плотностью 2,5 - 4,6 г/см<sup>3</sup> и объемным

весом 1,3 - 2,6 т/м<sup>3</sup>. Содержание глинистых частиц в хвостовой пульпе обогащения полиметаллических руд колеблется от 5 до 45%.

В хвостах обогатительной фабрики АО «Балхашмыс» содержится(%) : меди - 0,125, молибдена - 0,003, железа - 8,1 , серебра - 0,93г/т, золота - 0,71г/т, рения – 0,5 г/т , селена - 3,0 г/т, теллура - 3,7 г/т [2].

Хвосты редкометалльных и молибденовых руд содержат весьма малое количество глины и в основном состоят из мелкого песка. Минералогический состав хвостов идентичен составу исходной руды. Наиболее низкие содержания ценных компонентов наблюдаются в хвостах медных обогатительных фабрик – 0,12-0,18% меди и 0,08-0,1% цинка. Отходы обогащения свинцово-цинковых руд характеризуются более высокими содержаниями полезных компонентов (%): свинца – 0,06-0,61; цинка – 0,08-0,8; барита – 4,3-30,3; золота – 0,12-2,89 г/т; серебра – 0,02-19,7 г/т. Наибольшую ценность представляют хвосты на Карагайлинской, Лениногорской и Кентауской ОФ.

Отходы ОФ золоторедкометалльной подотрасли отличаются большим разнообразием и представлены наряду с хвостами обогащения, отвалами кондиционных и некондиционных пиритных концентратов и баритовых илов. Особенностью этих отходов является наличие в их составе дорогостоящих компонентов: тантала, олова, бериллия, лития, молибдена, висмута, золота, серебра и бария. Высокую ценность имеют хвосты Жамбыльской ОФ (олово), лежалые хвосты АО «Белогорский ГОК» и хвосты Огневской ОФ (оксид бериллия). В хвостах обогащения ОАО «Майкаинзолото» содержится золото и серебро, а также медь (0,2-0,8%), свинец (0,2-0,4%), цинк (0,2-3,61%) и барит (18-30,5%).

Отходы попутной добычи предприятий черной металлургии представлены рыхлыми, полускальными и скальными породами, кусковатость последних в среднем – 2000 мм, объемная масса пород от 1,4 до 3,5 т/м<sup>3</sup>, коэффициент крепости по шкале М.Протодяконова 1-20, предел прочности на сжатие – до 2700 кгс/см<sup>2</sup>.

Кроме пород попутной добычи и вскрыши в отвалах заскладированы запасы забалансовых руд. Так, на Лисаковском месторождении осуществляется складирование забалансовых руд со средним содержанием железа 25,5%; на Донском ГОКе (филиал АО «ТНК Казхром») заскладированы бедные хромитовые руды с содержанием двуоксида хрома от 37,1 до 38,8% и некондиционные руды с содержанием от 18,4 до 25,1%.

По своим качественным свойствам как скальные, так и рыхлые вскрышные и рудовмещающие породы могут использоваться в строительстве, сельском хозяйстве, химической промышленности и других отраслях.

При обогащении железных руд (ОАО Лисаковский ГОК) в зависимости от принятой технологии образуются четыре вида отходов: хвосты сухой

(СМС) и мокрой магнитной сепарации (ММС), хвосты обжигмагнитного (ОМО) и гравитационно-магнитного (ГМО) обогащения. Хвосты СМС имеют крупность 0-25 мм, прочность – 800 кг/см<sup>2</sup>, насыпную массу 1,7 т/м<sup>3</sup>, содержат 11,5% общего (в т.ч. 3,37% магнетитового) железа и пригодны для строительства временных дорог. Хвосты ММС содержат общего железа около 14,93%, магнетитового – 1,69%, имеют крупность 0-2 мм, насыпную массу 1,5 т/м<sup>3</sup>. Минералогический состав хвостов сухой и мокрой магнитной сепарации представлен пироксеном, пиритом, кварцем, амфиболитом, плагиоклазом, кальцитом, апатитом, халькопиритом, галенитом и др. Содержание оксида кремния – 40%, оксида алюминия – 8-10%, оксида кальция – 12-15%. Хвосты ОМО и ГМО Лисаковского ГОКа имеют крупность +2,5-0,074 мм. (средневзвешенная 0,33 мм). Насыпная масса – 1,58-1,65 т/м<sup>3</sup>. Содержание железа в хвостах обогащения колеблется от 23,5 до 29%, кремнезема 47-51%, оксида алюминия – 3,2 - 4,7%, оксидов кальция и магния 0,3-0,4%.

При обогащении хромитовых руд образуются кусковые и шламовые хвосты. Минералогический состав их представлен серпентинитом, магнетитом, доломитом, кальцитом, кварцем, тальком, хризолитом, магнохромитом, хромшпинелидом и др. По химическому составу шламовые и кусковые хвосты близки между собой и содержат 18-30% оксида кремния, 1-6% оксида алюминия, 0,1% оксида кальция. Кусковые хвосты содержат до 40% оксида магния и пригодны для производства форстеритовых огнеупоров. Шламовые хвосты содержат 30,5% оксида хрома, поэтому часть текущего выхода этих хвостов в настоящее время дообогащается с получением хромового концентрата.

Хвосты обогащения марганцевых руд представляют собой мелкоразмолотый, песчанистый материал. Плотность 2,8 т/см<sup>3</sup>. Минералогический состав: кварц, полевошпаты, лейкоксен, мусковит, хлорит, серицитизированные плагиоклазы, гидроокислы марганца и др. Содержания кремнезема 45 - 62%, оксида алюминия 9-13%, оксида железа 1,8-4,9%, оксида калия – 5-7%, оксида натрия – 1,8-4,9%, оксида магния – 0,5-1,4%. Хвосты могут использоваться для производства марганцевого и полевошпатового концентратов, силикатного кирпича, цемента и в качестве минеральных удобрений.

Следует отметить, что в основном доступны данные, лишь о средних содержаниях полезных компонентов в отходах производства, а информация о пространственном распределении металлов в отвалах и хвостохранилищах отсутствует. Кроме того, в результате длительных сроков хранения, воздействия атмосферных осадков происходит окисление и выщелачивание металлов в накопителях отходов и первоначальные их свойства значительно изменяются. Поэтому решение вопроса об освоении запасов ГМО требует проведения разведочно-оценочных

работ и геометризации качественных характеристик на отвалах и хвостохранилищах.

Так как горные породы попутной добычи и вскрыши представлены различными разновидностями: песками, глинами, гипсовым камнем, песчаниками, алевролитами, аргиллитами, сланцами, кварцитами, роговиками, туфами, гранитами, гранодиоритами, диабазовыми порфиритами и др. Подавляющая часть этих пород по составу и свойствам близка к традиционным видам строительного сырья, добычу которого в значительных масштабах ведет промышленность строительных материалов.

Опыт использования попутно добываемых и вскрышных пород позволяет выделить следующие основные направления их использования: подготовка простых строительных материалов типа щебня, бута, песка, гравия и др.; производство стеновых и вяжущих строительных материалов, таких как пильный и облицовочный камень, кирпич, гипс, керамзит, известь и др.; закладка и забутовка горных выработок; выпуск минеральных удобрений и мелиорантов почв и др. Это позволяет значительно сократить строительство специальных карьеров по добыче строительных материалов.

В настоящее время наибольшее количество пустых пород попутной добычи используется для производства щебня. Причем, в основном используют породы текущей добычи, которые не требуют каких-либо мероприятий кроме их дробления и грохочения на необходимые классы крупности. Более 80% общего объема использования приходится на предприятия «Kazakhmys plc», АО «Зырянский горнообогатительный комплекс», АО «Васильковский ГОК» и АО «Белогорский горнообогатительный комбинат», которые утилизируют отходы для удовлетворения собственных хозяйственных нужд. Примерно 25% от объема годового использования отходов горного производства направляется для производства стройматериалов. Щебень для использования в дорожном строительстве и в качестве заполнителя для бетонов различного назначения производят ОАО «Майкаинзолото», Карагайлинский, Жезкентский, Лениногорский, Белогорский, Восточно-Казахстанский медно-химический комбинаты и АО «Ачполиметалл». Опыт работы этих предприятий свидетельствует о высокой экономической эффективности переработки вскрышных и вмещающих пород на строительные материалы. На предприятиях цветной металлургии Казахстана используется не более 6% вскрышных пород от их годового накопления [5].

В настоящее время хвосты некоторых обогатительных фабрик цветной металлургии используются в основном для закладки горных выработок и засыпки карьеров и разрезов, в дорожном строительстве и для производства строительных материалов. Отходы обогащения используются также в качестве инертных и вяжущих наполнителей при производстве кирпича,

бетонов и др. Иргиредметом разработана и внедрена на Белогорском ГОКе технологическая схема, при которой слюдяной и полевошпатовый концентраты, полученные из отвальных хвостов, используются в качестве флюсующих добавок в металлургии для производства низкотоксичных сварных электродов, керамических изделий, стекла и др.

Хвосты обогащения руд участка «Дальний» Карагайлинского месторождения по данным лабораторно-технологических испытаний пригодны в естественном виде в качестве минерального порошка при изготовлении асфальтобетона. Спеканием хвостов обогащения с добавкой 10% угля получен аглопоритовый щебень марки «600» и «900» для изготовления теплоизоляционных и легких бетонов [6].

Исследованиями АНИИСтромпроекта установлена возможность получения ячеистых бетонов из хвостов обогащения Лениногорской, Зырянской, Текейской и Коксуйской фабрик, а из хвостов Карагайлинской, Акжальской, Кентауской, Балхашской и Белогорской – различные сорта цемента; из отходов законсервированного Ачисайского хвостохранилища – баритосодержащий цементный клинкер; газобетоны и газосиликаты – из хвостов Лениногорской и Огневской фабрик. Проведены исследования по применению отходов обогащения Жезказганской и Балхашской обогатительных фабрик взамен тонко измельченного кварцевого песка при изготовлении легких и прочных газо- и пеносиликатных, газо- и пенобетонных строительных материалов [7].

АНИИСтромпроектом и ВНИИцветметом выявлена возможность производства строительных камней, строительных и цементно-известковых растворов из хвостов Лениногорской, Зырянской, Текейской обогатительных фабрик. Хвосты этих же фабрик пригодны для получения асфальтобетонных смесей и паст, Белоусовской – для мастичных составов, Зырянской – для силикатного кирпича, а Кентауской и Акжальской – для производства извести.

Изучение отходов обогащения руд Риддер-Сокольного месторождения показало их пригодность для производства автоклавных материалов и наполнителей в кислотоупорных цементах [8].

На Лениногорской ОФ освоена схема дофлотации благородных металлов из песковой фракции, а также доизвлечение цветных металлов и пиритного концентрата из хвостов коллективной флотации. На Балхашской ОФ осуществляется доизвлечение меди из песковой фракции легалых хвостов. На Жезказганской ОФ производится доизвлечение меди из текущих хвостов на 2-х секциях фабрики. На Белогорском ГОКе повторная флотация отходов обогащения позволяет получить слюдяной, полевошпатовый и калиево-полевошпатовый концентрат [9].

Повторная переработка хвостов на Аксуйской и Бестюбинской фабриках обеспечивает повышение извлечения благородных металлов,

а на Акчатауской ОФ позволяет доизвлечь висмут, получить баритовый концентрат на Белоусовской, Миргалимсайской, Текелийской, Кентауской и Торт-Кудукской фабриках и магнетитовый концентрат на Балхашской фабрике.

Возможность переработки на Лениногорской ОФ кварцевых хвостов обогащения Тишинских руд установлена институтом «Казмеханобр». В результате получен пиритный концентрат, содержащий до 40% серы, 0,1% меди, 0,8% свинца и цинка, 20,5 г/т золота и 49 г/т серебра. Продукт идет на подшихтовку к текущему пиритному концентрату.

При проведении полупромышленных испытаний хвостов свинцовой флотации на Кентауской ОФ получен серебродержащий концентрат с содержанием до 2% свинца, 28,6% серы и 260 г/т серебра.

На Восточно-Казахстанском медно-химическом комбинате проведены исследования по переработке хвостов обогатительной фабрики с помощью физических методов [10]. В результате из отходов обогащения был получен пиритный концентрат с содержанием серы - 47% при выходе 65% и цинковый продукт с содержанием цинка - 3% при выходе 35%. Прибыль от переработки составляет 1,87 тенге на одну тонну хвостов.

КазНТУ совместно с ИГД НЦ КПМС РК разработана технология доизвлечения методом хлоридвозгонки свинца и цинка из акжалских хвостов с добавкой силикатных хвостов Акчатауской ОФ и шлаков Балхашского медьзавода, позволяющая извлекать в возгоны 93% свинца и 95% цинка и попутно получать цементный клинкер.

Опыт доизвлечения металлов из старых лежалых хвостов имеется на комбинате «Ачполиметалл» (Кантагинское хвостохранилище - барит) и Джездинской обогатительной фабрике - марганец.

Институтами ВНИИцветмет и Казгипроцветмет еще в 70-е годы была разработана технология повторного обогащения хвостов Лениногорской ОФ (1927-1946 г.г. складирования). По предварительным данным установлено, что при годовой переработке 100 тыс. т этих хвостов могло быть получено 780 т цинка, 5 т кадмия, 340 кг серебра и 200 кг золота [10]. В 1992-1994 г.г. для вовлечения этих золотосодержащих хвостов в переработку было создано совместное предприятие «Казгольд» с Канадской компанией Голдбелт Ресорсес Лтд. Предполагалось доизвлечение золота методом кучного выщелачивания не только из богатых старых хвостов 1927-1946 г.г., но и из всех других накопленных отходов обогащения ( Чашинского, Таловского и Восточного хвостохранилищ). Производительность фабрики от 3,5 до 7,0 млн. т в год. Оценочная стоимость проекта 42,4 млн. долларов США (на 1992 г.). Текущие затраты - 150 дол. США на 1 унцию золота.

В 2005 г. на базе рудника им. Жамбыла ТОО «Караоба-2005» осуществило строительство опытно-промышленной установки по обогащению техногенных отходов с получением вольфрамового концентрата.

Предприятие выпускает вольфрамовый концентрат с содержанием WO<sub>3</sub> - 66,7%.

На опытно-промышленной установке ВНИИ цветмета в период с мая 2000 г. по декабрь 2001 г. проводились полупромышленные испытания различных технологических схем переработки лежалых хвостов ОФ АО «Жезкентский ГОК» и забалансовой руды отвала Николаевского рудника АО «ВКМХК» корпорации «Казахмыс»[11]. За период испытаний было переработано 32,5 т хвостов и 4,6 т руды. При переработке пробы лежалых хвостов с содержанием 0,70 % меди, 0,50 % цинка, 15,2 % железа, 0,23 г/т золота, 17,1 г/т серебра по комбинированным схемам в конечные готовые продукты извлекаются 80-85 % меди, 70-75 % цинка, 50 % золота и 45 % серебра. Отвальные продукты переработки лежалых хвостов содержат 0,09-0,11 % меди, 0,10-0,12 % цинка, 0,07-0,1 г/т золота, 4,5-10 г/т серебра и 8-10 % железа.

При переработке пробы забалансовой руды с содержанием 0,64 % меди, 0,50 % цинка, 16,3 % железа, 0,21 г/т золота, 15,8 г/т серебра по комбинированным схемам в конечные готовые продукты извлекаются 68 % меди, 63 % цинка, 45 % золота и 43 % серебра. Отходы переработки забалансовой руды содержат 0,07 % меди, 0,16 % цинка, 0,19 г/т золота и 11 г/т серебра. Отходы переработки лежалых хвостов и забалансовой руды содержат минимальное (отвальное) количество ценных компонентов и являются хорошим сырьём для производства строительных материалов, закладочных смесей и для строительства дорог.

На предприятиях черной металлургии ежегодно используется 11,5-13,55 млн.т вскрышных пород или 5,5-6,5% от годового выхода. Ведущее место здесь занимает АО ССГПО. В настоящее время находят использование как простейшие строительные материалы хвосты обогащения сухой магнитной сепарации АО ССГПО (79,5% от общего количества хвостов) и шламы обезвоживания концентратов гравитационно-магнитного обогащения Лисаковского ГОКа (18,8%). Последние дообогащаются с получением железного концентрата.

Многочисленные исследования показали возможность многоцелевого использования хвостов обогащения марганцевых руд: получение марганцевого концентрата, силикатного кирпича и др.

Институтом горного дела РГП «НЦ КПМС РК» в содружестве с Джездинским рудоуправлением проведены опытно-промышленные испытания переработки хвостов методом химического выщелачивания с получением марганцевого (содержание марганца 32-50%, извлечение 66-84%, выход концентрата 24%) и полевошпатового концентратов. Последний пригоден для изготовления керамических изделия, санитарно-технического фаянса, эмалей и глазурей.

Весьма интересен опыт вовлечения в переработку лежалых хвостов с целью доизвлечения из них металлов на предприятиях горно-обогатительного профиля стран дальнего зарубежья.

В США при переработке 82 млн.т хвостов из отвалов медных месторождений штата Мичиган с использованием флотации и частично аммиачного выщелачивания получено 336 тыс.т меди. Дополнительное изучение отвалов хвостов позволило выявить 50 млн.т хвостов ( с содержанием 0,3 % меди ), 60% которой может быть извлечено флотацией или выщелачиванием [12]. В штате Монтана (США) из отвалов рудника Мандиски получают ежегодно 2 т Au и 4 т Ag при содержании в отвалах золота – 0,84 г/т и серебра – 2,8 г/т. [13].

На горно-обогатительном предприятии Maniton (провинция Квебек, Канада) начата подготовка технико-экономического обоснования переработки хвостов обогащения. Запасы хвостов оцениваются в 11,5 млн. т с содержанием Au 0,3г/т, Ag 630 г/т, Zn 0,4%, Cu 0.07% и Pb 0,07%. Цена металлов в хвостах составляет 17.5 долларов в 1 т, а с учетом извлечения 14 долларов в 1 т [14] .

В настоящее время осуществляется разработка хвостохранилища фабрики Bulker (Марокко), где складировано 16,5 млн. т хвостов, содержащих 0,28% свинца и 1,35% цинка. Добыча осуществляется 3 передвижными (на плаву) и одной стационарной (смонтированной на свайном основании) гидравлическими установками. Получаемый флотационный концентрат содержит 33% цинка и 2,1% свинца. Суммарное извлечение цинка из хвостов составляет 46,1% [15].

В ЮАР действует крупный комбинат по переработке лежалых и текущих хвостов золотоизвлекательных фабрик производительностью 50 тыс. т/сут [16]. Суммарные запасы хвостов в 19 отвалах составляют 379 млн. т. По проекту осуществляется первоначальная отработка трех отвалов, содержащих 0,53 г/т золота, 40 г/т урана, 1,04% серы. В процессе разработки, размывые с помощью трех гидромониторов хвосты самотеком поступают на 3 насосные станции, классифицируются и по отдельным пульпопроводам подаются на главную насосную станцию, а затем на соответствующие секции флотационной фабрики. Капитальные затраты на строительство всего комплекса составляют 101,2 млн. долл. Годовое производство продукции равно 350 тыс. т серной кислоты, 696 т урана в виде U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 3,57 т золота. При проведении промышленных испытаний достигнуты следующие показатели извлечения: серы в пиритный концентрат 85%, урана 32%, золота 51%; извлечение урана при выщелачивании пиритного концентрата 80%, золота при цианировании огарка 90%. Себестоимость обогащения 1т хвостов на флотационной фабрике 0,72 долл.; получение 1 т серной кислоты 18,3 долл., извлечение золота из 1 т огарков 4,3 долл.

Хорошие результаты дали испытания пород вскрыши Донского ГОКа (филиал АО «ТНК Казхром») для получения огнеупоров, магний-фосфорных удобрений, облицовочной керамической плитки. Объем использования отходов обогащения руд черных металлов составляет около 30% от их выхода [17].

Результаты проведенного анализа показали, что значительная часть металлосодержащих ТМО содержит такое количество ценных компонентов, которое представляет практический интерес с позиции их повторного извлечения. ТМО с низким содержанием полезных компонентов (за исключением токсичных) являются потенциальным сырьем для производства многих видов строительных материалов, химической продукции, а также использования для закладки выработанного пространства и в дорожном строительстве.

### **1.1.2 Отходы предприятий, разрабатывающих буроголовые месторождения**

В Республике 10 бассейнов, 155 месторождений, 102 проявления каменного и бурого углей, горючих сланцев. Большинство угольных месторождений расположено на территории Карагандинской, Костанайской, Акмолинской, Павлодарской, Актюбинской и Восточно-Казахстанской областей [18]. Общие геологические запасы и прогнозные ресурсы углей Республики Казахстан оцениваются в 150 млрд. тонн. Балансовые запасы углей категорий А+В+С1+С2, по состоянию на 1 января 2007 года, составляют 33,6 млрд. тонн, в том числе каменных углей 21,3 млрд. тонн, бурых углей 12,3 млрд. тонн. Забалансовые запасы угля по бассейнам и месторождениям Республики Казахстан, по состоянию на 1 января 2007 года составляют 28,6 млрд. тонн, в том числе каменных углей 3,2 млрд. тонн, бурых углей 25,4 млрд. тонн. Большая часть подсчитанных запасов (63 %) представлена каменными углями Карагандинского, Экибастузского, Тениз-Коржанкольского бассейнов, Кушокинского, Борлинского, Шубаркольского, Каражыринского и ряда других месторождений. Остальная часть (37 %) представлена бурыми углями, сосредоточенными, в основном, в Тургайском, Нижне-Илийском, Майкубенском бассейнах и других месторождениях.

Бурые угли делятся на технологические группы (марки) в зависимости от влажности: 1Б (влажность свыше 40%); 2Б (30-40%); 3Б (до 30%). Подавляющее большинство бурых углей по вещественному составу относится к гуматам. Они характеризуются повышенным содержанием фенольных, карбоксильных и гидроксильных групп, наличием свободных гуминовых кислот, содержания которых снижается с повышением степени метаморфизма от 64 до 2-3% и смол 25÷5%.

В таблице 1.2 приведена характеристика наиболее крупных бурого угольных месторождений Казахстана.

Таблица 1.2 - Характеристика угольных месторождений Казахстана

Наименование угольных бассейнов и месторождений	Марка угля	Запасы, млн т	Рабочая влажность, %	Зольность сухое, %	Содержание серы, %	Теплота сгорания рабочая МДж/кг/ ккал/кг	Выход летучих, %
Карагандинский бассейн: бурые	3Б	565	30	10-25	1,7	15/3580	40
Тургайский бассейн	2Б	6 000	36	18	80,8-2,5	13,19/3148	Н.д.
Кольжатакское м-ние	2Б, 3Б	3 000	26-31	10	1,0	19,67/4694	Н.д.
Нижне-Илийское м-ние	1Б, 2Б	2 000	32-43	19-25	1,0-2,0	12,55/2955	Н.д.
Шубаркольское м-ние	3Б	1 600	10-18	4-12	0,3	21,2/5060	43,3
Ленгерское м-ние	3Б	160	27	25	2,8	16/3818	Н.д.
Майкубенский бассейн	3Б	1 881	18,5	14-24	0,5-0,8	16,32/3895	40,7
Алаколь	3Б	7,6	Н.д.	Н.д.			Н.д.
Кара-Жыра	3Б	100	14,0	22,0	00,25	19,469/4646	44,0
Сары-коль	3Б	393	Н.д.	Н.д.			
Ой-Карагай	3Б	40,0	7,8	13-18		15,08/3600	35,3
Кияктинское	3Б	113,0	10-14	11-18	0,8	5000	39-44
Кендерлыкский	3Б		13,9				38,2

Из приведенных данных следует, что месторождения бурого угля распространены по территории Республики неравномерно и отличаются по качеству и основным характеристикам.

Значительное потребление угля в Казахстане (таблица 1.3) сопровождается, как правило, и значительными объемами некондиционных отходов, необходимость брикетирования которых очевидна.

Таблица 1.3. - Потребление угля в производственной и коммунально-бытовой сфере по областям РК

<i>№ п/п</i>	<i>Область</i>	<i>Каменный, т</i>	<i>Бурый, т</i>	<i>Кокс, т</i>	<i>Ком.- бытовое топливо, т</i>	<i>Всего, т</i>
1.	Акмолинская	5 021 694	-	916	34 589	5 057 199
2.	Актобинская	16903	-	124736	-	141 639
3.	Алматинская	3 704 701	5368	2 221	4 682	3 716 972
4.	Атырауская	18202	-	143	7 633	25978
5.	Восточно- Казахстанская	4 743 482	1 857	207 159	2 524	4 955 022
6.	Жамбылская	104809	-	84585	-	192 636
7.	Западно- Казахстанская	64823	-	-	4038	68861
8.	Карагандинская	11 376 828	-	1 784017	1 270	13 162 115
9.	Кызылординская	334 727	126 848	-	-	461 575
10.	Костанайская	1 816 959	222 495	246	2 524	2 042 224
11.	Мангистауская	5064	-	-	100	5164
12.	Павлодарская	24 493 134	70 844	320 722	1 075	24 885 775
13.	Северо- Казахстанская	2 730 357	-	138	664	2 731 159
14.	Южно- Казахстанская	124 031	85 391	48 018	43	257 483
15.	Алматы	509 836	-	5 263	-	509 099
Всего:		55 059 550	512 803	2 578 164	62384	58 212 901

Рост добычи и переработки углей приводит к образованию большого количества некондиционного, в том числе, тонкозернистого и пылевидного сырья. С целью использования его и снижения экологического давления на окружающую среду необходимо его окускование. Окускование – это превращение мелкозернистых отходов угля в кусковой продукт за счет механических(или)термическихвоздействийсприменениемспециальных добавок или без них. Одной из разновидностей окускования является брикетирование – физико-химический процесс получения механически и термически прочного сортового продукта, характеризующийся простотой процесса, дешевизной и экологической безопасностью.

В настоящее время в странах, производящих брикеты – Германия, Россия, Китай, Турция имеется тенденция использовать их в основном для коксохимической промышленности и нужд населения.

Анализ рынка потенциальных потребителей [19,20] выявил высокий спрос на угольные брикеты и тенденцию к его увеличению в таких странах, как Россия, Китай, Польша, Турция. В Республику Казахстан ежегодно импортируются брикеты на сумму до 12 млн долл. США [21].

Возросший спрос на брикетное топливо, резко увеличил количество разработок и предложений по повышению механических, физико-технических и экологических свойств брикетов [22-29].

Обзор литературы показывает, что в новом тысячелетии, когда остро встал вопрос о снижении и ликвидации отрицательного воздействия угледобывающих производств на окружающую среду, исследования в области использования углеотходов и получения высококачественного, экологически чистого топлива осуществляются в следующих направлениях:

- разработка технологии брикетирования топлива без связующих;
- разработка технологий брикетирования с новыми связующими, как органического, так и минерального происхождения;
- разработка составов шихты, позволяющих снизить выделение сернистого газа;
- разработка технологии получения бездымных брикетов;
- решение вопросов комплексной переработки низкосортных углей и углеотходов ;
- разработка технологии получения водостойких брикетов;
- совершенствование технологического оборудования .

На основании концептуального подхода и анализа можно сформулировать основной вывод: развитие технологии брикетирования позволит получить высококачественное топливо, снизить вредное влияние отходов угледобычи на окружающую среду, а выбор связующего может оказать решающее значение для использования в теплоэнергетике. В качестве связующего могут быть использованы тонкодисперсные

активные вяжущие материалы (лигносульфонат, цемент, гуминовые кислоты, древесные опилки, древесная кора, солома, глина, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы и пр.), за счет дешевых местных, легкодоступных и безопасных для окружающей среды и здоровья людей. При организации брикетного производства следует отдавать предпочтение стационарным и мобильным установкам модульного типа различной производительности с расположением вблизи складов.

В Австралии компания Criffin Coal проводит испытания технологии брикетирования на установке производительностью 10-12 т/час. Введена в эксплуатацию стационарная модульная установка производительностью 72 тыс т брикетов в год в г. Воркуте на промплощадке шахты «Северный» ОАО «Воркутауголь». В Китае на 800 брикетных установках получают до 10 млн т брикетов и проявляется тенденция к росту мощностей брикетных фабрик. Таким образом, технология производства брикетного топлива современна и экологически безопасна. Брикеты комфортны в использовании, легко поддаются растопке, обеспечивают высокую теплотворную способность. Исследования авторов работы [30-31] и полученные данные при помощи модели позволяют говорить о высокой рентабельности и быстрой окупаемости брикетного производства.

В заключение можно констатировать, что брикетированием отходов угледобычи решается комплекс задач:

- рациональное использование природных ресурсов;
- получение высококачественного, транспортабельного и экологичного топлива;
- повышение экономических показателей угледобывающего производства;
- обеспечение ряда отраслей промышленности и населения топливом;
- снижение импортозависимости Республики;
- ликвидация источника пылевых выбросов, снижение отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду;
- вовлечение в переработку отходов различных производств и вместе с этим улучшение экологического климата регионов.

### **1.1.3 Отходы предприятий энергетического комплекса**

В Казахстане порядка 80% тепловой и электрической энергии производится тепловыми электрическими станциями. Большинство из них работают на твердом топливе (угле), при сжигании которого образуется большое количество золошлаковых отходов. В настоящее время накоплено порядка 500 млн.тонн золошлаковых отходов, объем которых ежегодно увеличивается на 19 млн.тонн. Складирование золошлаковых отходов

приводит не только к изъятию значительных земельных площадей, но и вызывает весьма существенное загрязнение практически всех компонентов окружающей среды в зоне их расположения.

Золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся при сжигании угля являются механической смесью золы и шлака. Зола в основном представлена фракцией 0,01 – 0,1 мм при максимальном размере частиц не более 1–2 мм. Шлак в основном представлен фракциями 0,1 – 20 мм при максимальном размере частиц 40 – 60 мм и минимальном 0,04 мм. Зола представляет собой мелкодисперсный минеральный порошок от светло-серого до темно-серого цвета, шлак имеет аналогичный цвет, но отличается от золы большей крупностью [32].

По химическому составу золошлаковые материалы в основном относятся к кислым частицам. Основную массу (96-98%) ЗШО составляет сумма оксидов: оксид кремния – 45-60%; оксид кальция – 2,5-9,6%; оксид магния – 0,5-4,8%; оксид железа – 4,1-10,6%; оксид алюминия – 10,1-21,8% и триоксид серы – 0,03-2,7%. Так, зола экибастузских углей содержит значительное количество алюмосиликатов, соли железа, кальция и магния, имеет высокую температуру плавления и обладает абразивными свойствами. Ее химический состав приведен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Химический состав золы по пластам Экибастузского месторождения и Рудненской ТЭЦ

Наименование	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Примечание
Пласт 1	59,7	27,4	6,6	1,5	0,5	1,0	0,8	1,4	Данные «Караганда-гипрошахт»
Пласт 2	59,7	26,1	6,1	2,2	0,8	1,6	0,8	1,4	--«--
Пласт 3	58,6	30,0	4,9	1,4	0,5	1,4	0,4	1,6	--«--
Пласт 4	56,8	33,2	3,4	1,9		1,3	0,7	1,5	--«--
Зола ТЭЦ	64,5	27,5	4,5	1,7	0,2	0,9	0,8	0,7	Данные АО «ССГПО»

Золошлаковые отходы имеют следующие физические характеристики: насыпная плотность в пределах 700-900 кг/м<sup>3</sup>; удельная поверхность в пределах 4000-6700 см<sup>2</sup>/г; содержание несгоревших частиц от 16 до 25%; влажность от 2 до 15%; коэффициент пористости 1,03-1,44 при пористости 50,1-58,9%[01].

Обзор научных работ показал, что существует значительная мировая практика проведения исследований по утилизации золоотходов тепловых

электростанций [33-37]. Сфера и уровень использования золоотходов в значительной степени определяется их физико-химическим составом и свойствами. Например, в странах ближнего зарубежья уровень использования зол и шлаков тепловых электрических станций не превышает 7 – 10 %, в то время как в развитых странах составляет порядка 50%, во Франции и в Германии – 70%, в Финляндии – около 90% их текущего выхода.

В США используют до 21 % золы от объема ее выхода, из них (%): на производство цемента — 35, получение заполнителей — 21, строительство дорог — 21, прочие нужды — 23. Благодаря использованию 2,5 миллиона тонн золы расход цемента снижен на 1,1 миллиона тонн.

Весьма интересен опыт применения алюмосиликатных микросфер, которые являются одним из компонентов золошлаковых отходов угольных ТЭС и представляют собой полые микросферы шарообразной формы с диаметром частиц от 10 до 500 мк. Они обладают рядом уникальных свойств: низкой плотностью, высокой механической прочностью, химической инертностью, термостойкостью и низкой теплопроводностью.

Разработаны различные технологические решения по получению алюмосиликатных микросфер из золошлаковых отходов. Так, немецкой компанией «OmegaMineralsGroup» разработана технология извлечения микросфер, основанная на механизированной добыче легких фракций золы (ЛФЗ) с поверхности намываемых карт золошлакоотвалов. Добытая ЛФЗ упаковывается в соответствии с требованиями к перевозке подобных грузов и транспортируется на предприятие для дальнейшей переработки. Этот процесс получения кондиционных микросфер включает в себя несколько частично совмещаемых стадий:

- удаление органических примесей и недожога;
- неразрушающая сушка и отделение мусора;
- классификация материала по крупности частиц, плотности, прочности;
- магнитная сепарация продукта, удаление железосодержащих частиц;
- прокаливание материала (при необходимости);
- обезвоживание материала до влажности менее 0,25% и обеспечение его свободной текучести;
- регулирование кислотно-щелочных свойств материала (уровень pH);
- стерилизация материала (при необходимости).

Технологии фирмы «RockTron» (Великобритания), основанные на методе пенной флотации, позволяют утилизировать почти 100% золошлаков как текущего выхода, так и размещенных в золоотвалах. Эти минеральные продукты могут быть использованы в различных отраслях промышленности, включая производство стройматериалов, полимеров, эластомеров, покрытий, клеев. Они позволяют заменить дорогостоящее

первичное сырье с получением значительного экономического эффекта от использования. Так применение в строительной отрасли фирменного продукта Alpha, используемого в виде добавки при производстве бетона, железобетонных конструкций и изделий позволяет уменьшить объем используемого цемента на 25–30% без снижения прочностных характеристик и сроков набора прочности изделий.

Перспективным в использовании золоотходов является получение брикетов на основе золы, гранулированной в барабанной установке для окомкования и вяжущего, в качестве которого применяют цемент, известь или гипс. Брикеты могут служить в качестве изоляционного материала для внутренних перегородок промышленных зданий.

Применение золы в производстве газобетонов позволяет сократить на 30-40 % затраты энергии на измельчение и сушку сырья, а также расхода вяжущего на единицу продукции стеновых изделий на 15-20 %.

Золошлаковые отходы используют для производства силикатного кирпича, при этом расход извести снижается на 10-50%, песка на 20-30%. Такой кирпич имеет более низкую плотность, чем обычный.

Зола, некоторых месторождений угля, в частности экибастузских, содержащая 25-30% окислов алюминия является ценным сырьем для получения коагулянта на основе оксихлорида алюминия, необходимого для очистки питьевых и сточных вод и глинозема. Шламы этого производства могут быть использованы для получения цемента и силикатного кирпича.

Химический и минералогический составы золошлаков ТЭС близки к составам материалов силикатной промышленности, таким как стекло, стеклопокрытия, керамика, ситаллы и др. В связи с этим важным направлением исследования области применения сверхкислых золошлаковых материалов ТЭС является производство стекломатериалов строительного и технического назначения. По стекольной технологии из золошлаковых отходов возможно производство:

- стеклокристаллических материалов (шлакоситаллов);
- коррозионно-стойких стеклошлакоэмалевых покрытий для различных металлов;
- тепло- и звукоизоляционных стеклошлакоматериалов;
- стеклошлаковых облицовочных плиток (марблит, коврово-мозаичные и цокольные плитки).

В Республике Казахстан имеется опыт утилизации отходов, так в г.Павлодаре ТОО «Павлодарский перерабатывающий завод золошламовых отходов» и АО «ЭМЭКО» используют в технологических процессах до 96% отходов - бокситовые шламы и золу экибастузских углей. Заводом выпускается 14 видов строительной продукции, при этом ежегодно может перерабатываться 32 тысячи тонн шлама и 38 тысяч тонн золы.

На основе тонко- и среднедисперсной золы гидроудаления Кызылординской ТЭЦ с добавкой от 25 до 40% среднепластичной глины могут быть получены керамические изделия марки 100-125.

Таким образом, анализ показал, что перспективными направлениями утилизации золошлаков ТЭЦ для получения эффективных строительных материалов являются:

- создание оснований для автомобильных дорог;
- минеральные добавки для бетонных смесей;
- производство строительного кирпича;
- производство кремнеземного компонента для получения портландцемента;
- производство шлакоблоков;
- получение ситаллов (t- 1200-18000);
- получение ячеистого бетона ;
- обогащение минеральными добавками сельскохозяйственных земель;
- получение ССС (из очищенных от несгоревшего углерода золошлаков);
- получение декоративных, облицовочных плит и др.

## **1.2 Влияние отходов отдельных промышленных предприятий на окружающую среду**

### **1.2.1 Отходы производства АО «Костанайские минералы»**

Основными видами твердых отходов предприятия являются вскрышные породы Житикаринского карьера и хвосты обогатительной фабрики. В настоящее время в отвалах, занимающих 835 га земель, в том числе под хвостохранилищем 55 га, заскладировано 960 млн.т вскрышных пород и 142 млн.т хвостов обогащения. Объем ежегодного поступления в отвалы отходов производства составляет порядка 10 млн.т пород и 3 млн.т хвостов.

Технологическими схемами обогатительного комплекса предусмотрено получение из отходов обогащения щебня фракции 3-10 мм, посыпки крупнозернистой для мягкой кровли ПК-1,25 и смеси песчано-щебеночной, используемых для балластировки ж/д путей. Средний годовой уровень использования технологических отходов – 20-24%. Из вскрышных пород Житикаринского карьера производится около 50 тыс.м<sup>3</sup> в год щебня.

В геологическом строении площадки, занятой вскрышными породами и хвостами обогащения, принимают участие плотные четвертичные и аральские глины, являющиеся мощным водоупором, обеспечивающим разделение режимов водоносных горизонтов, залегающих выше и ниже толщи глин [38,39].

Ежегодно на отвалы выпадает около 1,7 млн.м<sup>3</sup> атмосферных осадков (с учетом расходования 20% объема на испарение), в результате чего

происходит смачивание поверхности хвостохранилища и образование элювиальной корки, значительно тормозящей дефляцию хвостов в ветреные дни.

Вскрышные породы представляют собой в основном скальный материал, раздробленный буровзрывными работами до крупности менее 1200 мм. По петрографическому составу породы вскрыши представлены в основном серпентинитами и перидотитами, в них также присутствуют порфириты, талько-карбонатные и глинистые породы. Вскрышные породы практически не содержат свободного асбеста.

Отходы обогащения асбестовых руд (хвосты) представляют собой сухой дробленный материал с содержанием фракции +5,0 мм около 15% и свободного асбеста в пределах регламентированных норм.

По химическому составу породы вскрыши, как и отходы обогащения представляют собой магниевый силикат с примесью других соединений (содержание  $MgO$  - 38,1-43,1%,  $SiO_2$  - 37-39%).

Химический состав хвостов обогащения по основным компонентам следующий, %:  $SiO_2$  - (37,00-40,96);  $FeO_3$  - (1,91-5,43);  $Al_2O_3$  - (0,82-1,42);  $MgO$  - (39,06-41,56);  $CaO$  - (1,09-1,56);  $FeO$  - (0,93-2,73). Хвосты содержат также в незначительных количествах  $MnO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $NiO$ ,  $CoO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  - до 0,32%, остаточной влаги - до 1,5 % и свободного асбеста - до 0,3%.

Следует отметить, что в процессе обогащения не происходит никаких изменений первичного химического состава пород, Никакие реактивы и другие химические вещества или компоненты при этом не применяются, отсутствуют также температурные или иные воздействия на первичные горные породы, которые могли бы изменить их химический состав. Поэтому отходы производства по своему составу не отличаются от пород, слагающих район месторождения. Для снижения пыления хвостов на предприятии осуществляется совместное складирование вскрышных пород с хвостами обогатительной фабрики путем отсыпки хвостов на основание из вскрышных пород с последующим перекрытием хвостов вскрышными породами.

Складируемые отходы производства представляют собой площадные объекты, являющиеся источниками выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу.

Проведенные исследования показали, что доля выделения загрязняющих веществ, содержащихся в пылевых выбросах от складированных отходов производства, является наибольшей и составляет порядка 35% от суммарных выбросов всех источников предприятия.

Основными местами пылевыведения в атмосферу при складировании отходов обогащения и породы являются пункты разгрузки железнодорожных составов. Пыление сухого материала происходит при разгрузке

вагонов-думпкаров в приемок и разгрузке ковша экскаватора. В обоих случаях происходит свободное падение, а также сползание складированных отходов по откосу отвала, что представляет собой источник пыления, не поддающийся локализации. Пыление, также происходит с открытых поверхностей отвалов и хвостохранилища при сухой ветреной погоде.

В соответствии с химическим составом складированных отходов производства, при оценке загрязнения воздушного бассейна в зоне их расположения подлежат контролю выбросы асбестопородной пыли и содержащиеся в ней вредные вещества (свинец, кобальт, хром, медь, никель, цинк и др.).

Результаты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) карьера и накопителей отходов производства, равной 1000 метров, приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Результаты наблюдений за состоянием атмосферы на границе СЗЗ карьера и отвалов отходов производства в 2005 году.

Точки отбора проб	Концентрация ЗВ, мг/м <sup>3</sup>									
	Пыль	Co	Zn	Cu	Ni	Pb	Cr	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
В-1	0,112	0,000003	0,000032	0,000006	0,000045	0,000001	0,000035	0,0	0,01	0,006
В-5	0,283	0,000008	0,000081	0,000014	0,000113	0,000003	0,000086	1,5	0,045	0,055
В-6	0,321	0,000010	0,000093	0,000016	0,000128	0,000004	0,000099	1,25	0,040	0,045
В-7	0,245	0,000007	0,000071	0,000012	0,000098	0,000003	0,000076	1,95	0,04	0,05
C <sub>ср</sub>	0,240	0,000007	0,000069	0,000012	0,000096	0,000003	0,000074	1,175	0,034	0,039
ПДК	0,5	0,001	0,05	0,002	0,001	0,0003	0,0015	5,0	0,5	0,085

Как видно из таблицы 1.5, средний уровень содержания пыли в атмосфере на границе СЗЗ (0,24 мг/м<sup>3</sup>) не превышает ПДК (0,5 мг/м<sup>3</sup>) и его фоновое значение для данной местности (0,26 мг/м<sup>3</sup>). Содержания других загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе намного ниже их предельных значений. Концентрации в атмосфере вредных газов (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) на границе СЗЗ не превышают ПДК и находятся практически на уровне фоновых значений.

Для оценки изменения качественного состояния атмосферы для различных периодов работы предприятия был проведен сравнительный анализ данных опробования на границе СЗЗ карьера и накопителей отходов производства с результатами контроля загрязнения воздуха за 2004 год, приведенный в таблице 1.6.

Таблица 1.6 - Результаты контроля атмосферы на границе СЗЗ карьера и отвалов отходов производства в 2004 году

Точки отбора проб	Концентрация ЗВ, мг/м <sup>3</sup>									
	Пыль	Со	Zn	Cu	Ni	Pb	Cr	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
В-1	0,157	0,000005	0,000014	0,000002	0,000046	0,000002	0,000049	2,0	0,0	0,03
В-5	0,277	0,000008	0,000025	0,000003	0,000083	0,000003	0,000087	2,0	0,0	0,0
В-6	0,268	0,000007	0,000023	0,000002	0,000080	0,000003	0,000082	0,0	0,0	0,0
В-7	0,403	0,000012	0,000036	0,000004	0,000120	0,000004	0,000125	0,5	0,0	0,0
C <sub>ср</sub>	0,276	0,000008	0,000024	0,000003	0,000082	0,000003	0,000085	1,125	0,0	0,008
ПДК	0,5	0,001	0,05	0,002	0,001	0,0003	0,0015	5,0	0,5	0,085

Сравнение по средним показателям результатов опробования в 2005 году с данными наблюдений за состоянием атмосферы на границе СЗЗ в 2004 году показывает, что в целом содержание пыли в атмосфере снизилось на 15%, причем в наибольшей степени на участке к юго-западу от хвостохранилища (т.В-7), где концентрация пыли уменьшилась в 1,6 раза. Это связано со снижением объемов складирования отходов производства и смещением фронта отвальных работ. Концентрации химических элементов загрязнителей в воздухе превышают предельно-допустимые нормы: характерным является повышение содержаний в пылевых выбросах никеля в 1,2 раза, цинка почти в 3 раза и меди в 4 раза, что обусловлено изменением качественного состава, поступающих в накопители отходов производства. Наблюдается также некоторое снижение концентраций кобальта и хрома (порядка 13%). Содержание свинца в атмосфере осталось на прежнем уровне. Концентрации вредных газов в атмосфере на границе СЗЗ несколько ниже ПДК, но при этом наблюдается тенденция к их росту, особенно сернистого ангидрида и двуокиси азота.

Гидросеть района расположения предприятия представлена р.Тобол и ее притоками Джелкуар и Шортанды с хорошо разработанными речными долинами. Вода в реках и озерах мало пригодна для питья из-за промышленной минерализации и бактериальной загрязненности. Район характеризуется бедностью атмосферных осадков (285-340 мм в год) и высокой испаряемостью (до 60%). Большая часть осадков выпадает в летнее время в виде дождей [40].

Месторождение хризотил-асбеста имеет один горизонт подземных вод мощностью 4-6 м, который расположен в верхней трещиноватой

зоне ультраосновных пород. Ниже этих глубин подземные воды тяготеют к открытой трещиноватости зон тектонических нарушений, которая с глубиной затухает. С затуханием открытой трещиноватости уменьшается и водообильность пород. Уровень подземных вод в ненарушенных условиях имеет свободную поверхность, за исключением площадей распространения слабопроницаемых, глинистых отложений (неоген-четвертичных отложений) и залегают на глубинах 5-25 м, что соответствует абсолютным отметкам 258-276 м. Водообильность пород низкая, коэффициент фильтрации колеблется от 0,006 до 0,35 м/сут. Питание подземных вод происходит исключительно за счет инфильтрации атмосферных осадков, в особенности снеготалых вод. Разгрузка их осуществляется в русле р.Шортанды. Осушение карьера производится поверхностным водоотливом из водосборника, расположенного в дренажной траншее на дне карьера. В процессе добычи руды попутно извлекаются при осушении карьера воды, которые откачиваются из зумпфа и сбрасываются в накопитель на западном борту карьера.

В настоящее время складирование вскрышных пород и отходов обогащения производится на внешнем отвале, расположенном на свободной безрудной территории восточнее существующего карьера. Поскольку при обогащении асбестовых руд применяется сухой метод, то отходы обогащения содержат минимум влаги (порядка 1,5-2%), которая прочно удерживается в массе отходов силами сцепления и не может мигрировать. Кроме того, отходы обогащения, в отличие от вскрышных пород, представляют собой недренирующий материал, что исключает фильтрацию через толщу отходов атмосферных осадков.

Отвалы вмещающих пород сложены, в основном, фракцией от 20 до 1200 мм и обладают высокими фильтрационными свойствами, обуславливающими быструю фильтрацию атмосферных осадков. Однако в связи с устойчивостью пород к выветриванию и слабой растворимостью минералов, в которые входят элементы-токсификанты, заметного влияния на качество подземных вод атмосферные осадки в результате фильтрации не производят.

При весеннем снеготаянии и при сильных осадках возможно интенсивное вымывание отходов обогащения и частично вскрышных пород с поверхности отвалов, попадание их на почву и проникновение в дальнейшем в грунтовые воды.

Оценка степени загрязнения подземных вод в зоне размещения отвалов отходов производства осуществлялась на основе отобранных гидрохимических проб из наблюдательных скважин. (Таблица 1.7).

Таблица 1.7 - Содержания основных загрязняющих веществ в скважинных пробах

Наименование ЗВ	Концентрации, мг/л								
	Хвостопородный отвал			Карьер, промплощадка					
	7р	10р	$C_{cp}^{xb}$	1р	2р	6р	14р	5р	$C_{cp}^k$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Минерализация	891	1006	949	1226	515	467	392	1317	783
Сульфаты	70	80	75	215	74	67	35	69	92
Хлориды	452	523	488	475	143	70	19	669	275
Нитраты	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	7,0	3,0	30,0	9
Нитриты	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Кальций	9	9	9	7	7	7	3	10	6,8
Магний	69	63	66	124	41	34	29	92	64
Железо общ.	0,01	1,37	0,69	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Азот аммонийный	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Цинк	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005
Медь	0,14	0,046	0,093	0,038	0,042	0,004	0,18	0,03	0,14

Результаты опробования показали, что в районе расположения хвостопородного отвала усредненные содержания большинства загрязняющих веществ (ЗВ) практически ниже их концентраций в подземных водах всей площади предприятия, исключение составляют хлориды, кальций и железо общее.

Превышение предельно-допустимых значений наблюдается лишь по хлоридам (1,6 ПДК), магнию (3,3 ПДК) и общему железу (2,3 ПДК).

Степень загрязнения подземных вод в районе размещения старых породных отвалов (От12-От14), по данным опробования (скв.6р) значительно ниже средних показателей в целом по гидросистеме предприятия.

Для определения динамики изменения уровня воздействия складированных отходов производства на подземные воды, были обработаны данные опробования наблюдательных скважин в районе расположения хвостопородного отвала за период с 1999 по 2005 годы (таблица 1.8). Как видно из таблицы, для последнего временного интервала (2005 г.) по сравнению со средними значениями показателей за весь рассматриваемый период (1999-2005 г.г.) характерно снижение большинства загрязняющих веществ в грунтовых водах. Ниже предельных значений снизились

содержания сульфатов и азота аммонийного. Значение текущей минерализация подземных вод (949 мг/л) несколько повысилось по сравнению с 2004 г. (859 мг/л.), но не превышает предельных норм.

Таблица 1.8 - Динамика изменения состава грунтовых вод в районе хвостопородного отвала

Наименование хим.элементов	Среднегодовая концентрация, мг/л						1999-2005г	ПДК мг/л <sup>1</sup>
	1999 г.	2000 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.		
Минерализация	1168	867	1491	1215	859	949	1092	1000
Сульфаты	70	76	168	262	93	75	124	100
Хлориды	581	650	548	470	396	488	522	300
Нитраты	2,5	2,2	0,2	1,4	2,0	2,0	1,7	45
Нитриты	0,04	0,06	0,13	0,03	0,01	0,01	0,05	33
Кальций	18,0	15,0	63,0	58,3	9	9	28,7	180
Магний	18,8	20,1	60,6	73,5	42	66	46,8	20
Железо общее	0,34	0,22	1,72	1,04	0,08	0,69	0,68	0,3
Азот аммонийный	0,4	8,8	4,0	0,7	0,1	0,1	2,4	0,5
Свинец	0,024	-	-	0,072	0,025	-	0,04	0,03
Цинк	0,034	-	-	0,32	0,015	0,005	0,022	1,0
Медь	0,046	-	-	0,037	0,005	0,093	0,045	1,0
Кобальт	0,011	-	-	0,001	-	-	0,006	0,1
Хром	0,01	-	-	0,001	-	-	0,005	0,05
Никель	0,18	-	-	0,003	0,014	-	0,066	0,1

Увеличились также концентрации хлоридов, магния и общего железа. Несмотря на увеличение содержания меди в грунтовых водах до 0,093 мг/л, они остаются значительно ниже ПДК (1,0 мг/л). Таким образом, степень воздействия отходов производства на подземные воды за рассматриваемый период (1999-2005гг.), несмотря на рост их количества в отвалах, в целом имеет тенденцию к снижению. Поэтому основные направления природоохранной деятельности предприятия должны быть связаны с разработкой мероприятий по защите воздушного бассейна, являющегося источником поступления загрязняющих веществ в почвы и грунтовые воды. Почвенный покров в районе расположения подразделений АО «Костанайские минералы» представлен в основном супесями, реже суглинками с мелкой щебенкой различных пород и имеет мощность от 1 до 20 см. Наиболее тонкий почвенный слой располагается на ультрабазитах и корках выветривания коренных пород, не перекрытых суглинками. Относительно небольшая мощность рыхлых отложений обуславливает тесную связь геохимического фона элементов в почвах и подстилающих

их породах. В связи с широким распространением ультрабазитовых пород, повсеместно наблюдается повышенный геомеханический фон хрома, никеля, кобальта и меди. По данным обследования почв, приведенного ИПЦ «Гидромет» и Республиканским центром наблюдений за загрязнением природной среды геохимический фон в районе расположения предприятия составляет для никеля 42 мг/кг, кобальта – 40 мг/кг и меди – 40 мг/кг [9].

Как показали проведенные исследования, содержание гумуса в почвах невысокое, порядка 2,1%, что характеризует почвы исследуемой территории как малопродуктивные. Наиболее низкие содержания гумуса в почвах наблюдаются к северо-востоку от хвостохранилища (1,53%) и на юго-востоке от отвала пустых пород (1,69%).

По механическому составу почвы района расположения отходов производства относятся в основном к средне суглинистым песчаным разновидностям. Данные химического анализа водной вытяжки почвенных проб, приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9 - Результаты анализа водной вытяжки почв

Место отбора проб	№ проб	Содержание, %						
		pH	Cl	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na	SO <sub>4</sub>
Граница СЗЗ (О <sub>т</sub> 12-О <sub>т</sub> 14)	П2	8,00	0,008	0,002	0,007	0,007	0,003	0,006
Граница СЗЗ (х/п отвал)	П4	8,13	0,010	0,002	0,005	0,014	0,021	0,018
	П5	8,47	0,009	0,003	0,008	0,004	0,009	0,007
	П6	8,33	0,006	0,002	0,013	0,001	0,003	0,004
	П7	8,30	0,007	0,002	0,011	0,007	0,005	0,006

Анализ водной вытяжки показывает, что почвы незасоленные. Среда слабощелочная. Количество токсичных солей (Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, NaCl, MgCl<sub>2</sub>) в плотном остатке незначительно. Количество сульфатов в почвах района старых отвалов (О112-О114) составляет 60 мг/кг, хлоридов – 80 мг/кг. Содержание в почвах сульфатов в зоне размещения хвостопородного отвала изменяется от 40 до 180 мг/кг, а хлоридов от 60 до 100 мг/кг.

Оценка степени загрязнения почв в районе расположения отходов производства осуществлялась на основе проб, отобранных на границе СЗЗ старых отвалов (О112-О114) и хвостопородного отвала, а также в профилях северо-восточного и юго-восточного направлений от хвостохранилища и действующего отвала (таблица 1.10).

Таблица 1.10 - Результаты наблюдений за степенью загрязнения почв в районе размещения отходов производства

Места отбора проб	Обозначение проб	Содержание ЗВ мг/кг				
		Никель	Кобальт	Хром	Медь	Цинк
Граница СЗЗ (О <sub>12</sub> -О <sub>14</sub> )	П2	80,0	150,0	300,0	50	100,0
Граница СЗЗ (х/п отвал)	П4	20,0	30,0	30,0	40,0	80,0
	П5	80,0	20,0	10,0	20,0	60,0
	П6	80,0	20,0	10,0	20,0	80,0
	П7	100,0	30,0	15,0	30,0	80,0
Профиль С-В от х/х	П11ср	150,0	25,0	120,0	30,0	73,0
Профиль Ю-В от х/х	П12ср	80,0	10,0	47,0	20,0	60,0
Профиль Ю-В от отвала	П13ср	80,0	17,0	93,0	27,0	60,0
	$C_{\text{ХПО}}^{\text{ср}}$	95,0	19,0	69,0	26,0	67,0

Результаты опробования показали, что в целом по всей зоне обследования, в районе хвостопородного отвала средние значения превышений содержаний тяжелых металлов в почвах составляют 2,7 ПДК для никеля и 1,1 ПДК для меди. Наибольшие превышения содержаний наблюдаются к северо-востоку от хвостохранилища по никелю 4,3 ПДК, хрому 1,1 ПДК (П11ср) и по меди 1,7 ПДК (П4), а также к югу от действующего отвала (П7) по никелю 2,9 ПДК и меди 1,3 ПДК.

В зоне размещения старых породных отвалов (П2) превышения ЗВ в почвах достигают 3,8 ПДК для кобальта, 2,7 ПДК для хрома, 2,3 ПДК для никеля и 1,7 ПДК для меди.

Для определения динамики изменения уровня воздействия складированных отходов производства на почвенный покров были проанализированы средние значения данных опробования почв за 2002-2005 годы на границе СЗЗ хвостопородного отвала (таблица 1.11).

Таблица 1.11 - Результаты контроля загрязнения почв в районе размещения хвостопородного отвала за 2002-2005 г.г.

Годы	Содержания, мг/кг				
	Никель	Кобальт	Хром	Медь	Цинк
2002	166,0	33,0	133,0	80,0	117,0
2003	80,0	33,0	177,0	40,0	93,0
2004	95,0	9,0	130,0	30,0	80,0
2005	95,0	19,0	69,0	26,0	60,0
$C_{\text{ср}}$	109,0	24,0	127,0	44,0	88,0
ПДК	35,0	40,0	110,0	23,0	110,0

Из таблицы 1.11 видно, что наибольшие значения содержаний ЗВ наблюдались в 2002 (никель, медь, цинк) и 2003 (хром) годах. В последующие годы концентрации этих элементов в почвах имеют тенденцию к снижению, так содержания никеля уменьшились с 4,7 ПДК в 2002 г. до 2,7 ПДК в 2005 г., меди 3,5 ПДК до 1,1 ПДК и цинка – с 1,1 ПДК до 0,5 ПДК. Концентрации хрома в почвах снизились с 1,6 ПДК (2002г.) до 0,6 ПДК (2005 г.). Кобальт в почвах снизился с 33 мг/кг (2002г.) до 9 мг/кг (2004г.), затем произошло увеличение его содержаний до 19 мг/кг (2005г.).

Таким образом, результаты проведенного анализа данных опробования почв на границе СЗЗ складированных отходов производства, а также в пределах различных направлений от хвостопородного отвала, позволили установить участки наибольшего загрязнения почвенного покрова. Таковыми являются почвы расположенные к западу от старых отвалов (О112-О114), а также зоны, прилегающие к северо-восточной границе хвостохранилища и южной границе действующего отвала.

## **1.2.2 Отвалы некондиционного угля Кияктинского и Ой-Карагайского месторождений**

*Кияктинское месторождение* представлено бурыми углями юрского периода повышенной степени углефикации. Образование угленосной толщи месторождения связано с континентально-лагунными условиями, т.е. оно происходило в озерах и небольших болотах[41].

Кияктинское месторождение расположено в Улытауском районе Карагандинской области в 98 км к западу от поселка Карсакбай, в 400 км от г. Кызылорда и в 132 км к западу от железнодорожной станции в поселке Жезды. От поселка Жезды до аула Каракум проложена автодорога. От этой трассы до угольного месторождения существует грунтовая дорога протяженностью 14 км.

Разведанные запасы угля этого месторождения составляют 110 млн т. Район геолого-разведочных работ, с координатами по центру 65025' в.д. и 47055' с.ш., находится в 800 км юго-западнее Караганды его Центральный блок занимает площадь 3 км<sup>2</sup>.

Всего на месторождении обнаружено 4 угольных пласта нижнеюрского возраста. На участке Центральный, запасы которого по категориям А+В+С оцениваются в 32 млн т, к открытой разработке пригодны два пласта – Верхний и Средний. Они представлены двумя угольными горизонтами мощностью 9 и 10 м, причем в южной части участка эти два горизонта фактически образуют один горизонт мощностью до 16-17 м, а к северу нижний горизонт отделяется от верхнего на 10-15 м породными прослоями

и погружается до 60-70 м ниже от дневной поверхности. Средний промышленный коэффициент вскрыши по выделенному карьерному полю составляет 0,41 м<sup>3</sup>/т.

В верхней части угольного пласта имеются прослойки, богатые органическими веществами – гумусом с мощностью до 1,5 м. Запасы его только в Центральном участке месторождения около 3,5 млн т.

В орографическом отношении район месторождения представляет собой осложненную мелкосопочником полупустынную равнину, характеризующуюся развитой системой малых рек и засушливым климатом.

Абсолютные отметки отдельных высот месторождения колеблются в пределах 235-270 м при относительных превышениях не более 35 м.

В гидрографическом отношении месторождение расположено в бассейне реки Киякты, прорезающей его в широтном направлении.

Район месторождения отличается резко континентальным климатом, с колебаниями температуры от +40,10 до -38,60С. Суммарное среднее количество осадков в году составляет 148,1 мм.

Район месторождения отличается сильными, до 20 м/сек, постоянными ветрами, с господствующим северо-восточным направлением.

По условиям циркуляции и характеру вмещающих пород в районе Кияктинского месторождения выделены четыре типа подземных вод: трещинные воды палеозойских сланцев; трещинно-пластовые воды юрских осадочных отложений; трещинные воды третичных песков; поровые воды четвертичных аллювиальных отложений.

Уголь месторождения состоит из органического вещества и минеральных примесей. Основными элементами, входящими в органическую массу угля, являются углерод, водород, кислород, азот и органическая сера. В углях содержатся и химические соединения некоторых металлов – кальция, железа, меди, свинца, марганца и др.

По содержанию углерода, водорода и кислорода угли классифицируются на бурые, каменные и антрацит (таблица 1.12).

Элементарный анализ угля, проведенный по ГОСТ 2408-49 показал, что по содержанию элементов, в частности углерода, водорода и кислорода, угли месторождения Киякты бурые и относятся к гумусовым углям технологической группы марки ЗБ в соответствии с ГОСТ 25543-88.

*Петрографический состав* угля характеризуется кларено-фюзеновыми составляющими с некоторой примесью дюрена и витрена при содержании минеральных примесей в среднем 21 %.

Таблица 1.12-Усредненный элементарный состав органической части углей

Сорт угля	Содержание элементов, %				
	углерод	водород	кислород	сера	азот
Антрацит	89,0-98,0	2,0-3,0	до 1	0,1-2,3	0,1-1,3
Каменный уголь	74,0-92,0	3,7-5,9	2-16	до 8,0	1,5
Бурый уголь	68,0-77,0	4,0-6,3	16-28	до 1,0	до 1,0

Методами технического анализа [42] определена зольность, содержание влаги, серы и фосфора, выход летучих веществ, высшая и низшая теплота сгорания. Результаты анализа приведены в таблице 1.13. Как видно из приведенных данных средняя зольность угля  $A_s = 21\%$ ; теплота сгорания сухого беззольного состояния  $27,6-28,4$  МДж/кг, теплота сгорания рабочего топлива при влажности  $10-14\%$  –  $14,7$  МДж/кг; выход летучих веществ –  $40\%$ .

Зольность угля определяется содержанием негорючих минеральных примесей, в состав которых входят карбонаты кальция  $CaCO_3$ , магния  $MgCO_3$ , гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , колчедан  $FeS_2$ , редкие элементы. При сжигании угля несгоревшая часть минеральных примесей образует золу, которая составляет для угля месторождения Киякты  $20,9-21,0\%$ .

Таблица 1.13- Показатели технического качества угля Кияктинского месторождения

Показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Верхний пласт	Средний пласт
1	2	3	4	5
Максимальная влагоемкость	$W_t^r$	масс %%	27,8	27,8
Влага аналитической пробы	$W^a$	-“-	<u>7,3 – 11,45</u> 9,5	<u>5,3 -10,7</u> 8,1
Зола сухого топлива	$A^d$	-“-	<u>14,6 – 27,6</u> 20,9	<u>10,9 37,3</u> 21,0
Сера общая сухого топлива	$S_t^d$	-“-	<u>0,50 – 1,20</u> 0,85	<u>0,59 – 1,77</u> 0,89
Фосфор сухого топлива	$P^d$	-“-	<u>0,010 – 0,057</u> 0,029	<u>0,074 – 0,186</u> 0,110
Хлор сухого топлива	$Cl^d$	-“-	0,10 – 0,53	0,06 – 0,31
Летучие вещества беззольного топлива	$V^{daf}$	-“-	<u>37,8 – 41,4</u> 40,1	<u>38,9 – 44,4</u> 41,2
Углерод сухого беззольного состояния	$C_t^{daf}$	-“-	<u>73,2 – 76,2</u> 74,7	<u>72,7 – 74,6</u> 73,5

Водород сухого беззольного состояния	$H_t^{daf}$	-“-	$\frac{3,6 - 4,4}{4,1}$	$\frac{4,4 - 5,0}{4,8}$
Азот сухого беззольного состояния	$H^{daf}$	-“-	$\frac{0,70 - 0,86}{0,82}$	$\frac{0,42 - 0,91}{0,75}$
Кислород сухого беззольного состояния	$O_a^{daf}$	-“-	$\frac{13,66 - 21,49}{19,31}$	$\frac{14,37 - 22,11}{19,83}$
Высшая теплота сгорания сухого беззольного состояния	$Q_s^{daf}$	$\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	$\frac{26,95 - 28,61}{27,69}$ 6608 ккал	$\frac{27,34 - 29,36}{28,36}$ 6291 ккал
Низшая теплота сгорания рабочего топлива (при макс. влагоемк.)	$Q_i^r$	$\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	14,58 3480 ккал	14,85 3544 ккал
Размолоспособность по методу ВТИ	$G_{\text{вТИ}}$	-	-	1,22 – 1,29
Примечание – Пределы изменения – над чертой, средние – под чертой.				

Влажность углей Кияктинского месторождения составляет 8-10 %, содержание серы в углях Верхнего горизонта – 0,1 %, Среднего – 0,8 % и Нижнего – 0,6 %, содержание фосфора небольшое – 0,012-0,186 %.

Физические свойства угля: насыпной вес угля составляет 0,67 кг/дм<sup>3</sup>, удельный вес – 1,58 кг/дм<sup>3</sup>.

Влагоемкость – свойство угля поглощать влагу составляет 20 %, т.е. при выдержке куска угля крупностью 13-50 мм в воде в течение 2 ч он сохраняет форму, поглотив при этом 20 % влаги от своего первоначального веса.

Коэффициент размолоспособности – характеризует сопротивляемость топлива размолу и определяется по ГОСТ 15489-70. Испытания показали, что коэффициент размолоспособности угля Кияктинского месторождения варьирует в пределах 1,22-1,29 (коэффициент размолоспособности эталонного топлива равен 1,0).

Атмосфероустойчивостью уголь Кияктинского месторождения не обладает и при хранении на воздухе разрушается, образуя угольную мелочь класса 0-6 мм.

По склонности к окислению и возгоранию Кияктинский уголь относится к углям средней устойчивости к окислению и самовозгоранию

(группа 3Б). Угли этой группы легко самовозгораются в отвалах, срок их хранения на складах ограничен 3 (тремя) годами.

Удельная эффективная активность радионуклидов не превышает 370 Бк/кг, что позволяет отнести угли месторождения Киякты к энергетическому сырью, используемому без ограничений (1 класс использования и хранения угля).

Химический состав углей представлен: органической составной частью; минеральной (неорганической) массой; водой; газами.

Минеральные примеси концентрируются в золе. Анализ золы (таблица 1.14) показал, что уголь относится к несоленым углям, содержание водорастворимого  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,09 – 0,69 %. Содержание смол невысокое – 3,0-7,5 %, битума – 0,3-1,3 %.

Содержание токсичных примесей не выходит за пределы, характерные для энергетических углей.

Таблица 1.14- Химический состав золы угля

Наименование компонента	Единица измерения	Верхний пласт	Средний пласт	ПДК в воздухе населенных пунктов, мг/м <sup>3</sup>	
				Максим. – разовая	Средняя суточная
1	2	3	4	5	6
$\text{SiO}_2$	масс %%	<u>9,34 – 57,91</u> 36,70	<u>27,62 – 60,15</u> 45,17	сод. в пыли 0,15	0,05
$\text{Al}_2\text{O}_3$	”-	<u>5,90 – 20,88</u> 16,77	<u>13,49 – 23,92</u> 20,22	-	-
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	”-	<u>5,31 – 38,47</u> 12,92	<u>2,73 – 23,18</u> 7,49	-	-
CaO	”-	<u>3,62 – 12,47</u> 8,09	<u>1,54 – 13,78</u> 6,52	-	-
MgO	”-	<u>2,25 – 4,75</u> 3,31	<u>1,88 – 5,40</u> 3,61	-	-
$\text{TiO}_2$	”-	<u>0,25 – 1,23</u> 0,67	<u>0,33 – 1,10</u> 0,66	-	-
$\text{Na}_2\text{O}$	”-	<u>1,40 – 5,50</u> 3,81	<u>1,40 – 4,90</u> 2,44	-	-
$\text{K}_2\text{O}$	”-	<u>1,05 – 2,75</u> 0,66	<u>0,37 – 2,25</u> 1,53	-	-
$\text{SO}_3$	”-	<u>2,26 – 19,50</u> 11,85	<u>2,23 – 13,63</u> 7,07	-	-

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-"-	<u>0,28 – 0,45</u> 0,32	<u>0,48 – 2,30</u> 1,12	-	-
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-"-	<u>0,45 – 3,93</u> 1,75	<u>0,01 – 0,62</u> 0,16	0,01	0,001
Cu	г/т	25	-	-	0,002
Zn	-"-	120	-	-	0,0003
Pb	-"-	4,6	-	0,01	0,001
Ni	-"-	34	-	0,005	-
Co	-"-	25	-	-	-
Cd	-"-	< 2	-	-	-
V	-"-	120	-	-	-
Mo	-"-	0,5	-	-	-
Li	-"-	1,2	-	-	-
Sr	-"-	220	-	-	-
Cr	-"-	32	-	-	-
Hg	-"-	0,052	-	-	0,0003
As	-"-	31,1	-	-	-
R	-"-	2,7	-	-	-

Буроугольное месторождение Киякты разрабатывается открытым способом с применением буровзрывных работ, экскаваторной погрузкой вскрышных пород и угля, перевозкой угля и вскрышных пород на отвалы и склад автомобильным транспортом.

На угольном разрезе выбросы пыли и вредных веществ в атмосферу происходят при ведении горных работ, в процессе отвалообразования, сдувании пыли с открытых поверхностей породных отвалов и склада угля, а также при транспортировании угля и пород вскрыши автотранспортом.

Пылеобразование происходит при работе экскаватора, бульдозера, бурового станка и движении автосамосвалов, а также при ведении взрывных работ. В процессе ведения горных работ и отвалообразования происходят выбросы в атмосферу сажи и вредных газов: окислов углерода, азота, серы.

Ожидаемое пылеобразование при работе буровых станков, взрывных и погрузочно-разгрузочных работах, при добыче 330 тыс т угля в год, приведенные в таблицах 1.15 и 1.16 показывают, что валовый выброс пыли за год составит 2,9-3,0 т/год, а выделение в атмосферу вредных веществ, таких как окись углерода, двуокись азота, сернистый газ, сажа и углеводороды от работы горного и транспортного оборудования в сумме составит (см. табл. 1.16-1.17): окиси углерода – 40,0 т, окиси азота – 10,6 т, сернистого газа – 6,7 т, сажа – 7,5 т, углеводородов – 6,9 т .

Таблица 1.15 - Результаты мониторинга пыле-газовыделения при проведении буровзрывных работ

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование исходных данных</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>Добычные работы</i>	<i>Вскрышные работы</i>
1.	Объем бурения	тыс м <sup>3</sup> /год	4,0	3,0
2.	Объем взрываеваемой горной массы	тыс м <sup>3</sup> /год	108,0	230,7
3.	Объемный вес материала	т/м <sup>3</sup>	1,3	2,3
4.	Валовый выброс вредных веществ: пыль окись углерода двуокись азота	т/год	0,75 0,10 0,15	0,60 0,25 0,15

Таблица 1.16-Результаты мониторинга пылевыделения с открытых поверхностей и погрузочно-разгрузочных работах

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование исходных данных</i>	<i>Валовый выброс пыли, т/год</i>
1.	Вид поверхности: разрез отвал склад	0,095 0,745 0,185
2.	Количество перемещаемого материала, млн т/год: угля – 0,3 вскрышных пород – 0,3	0,85 0,12

Таблица 1.17-Результаты мониторинга выбросов вредных веществ при работе горного и транспортного оборудования

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование исходных данных</i>	<i>Количество выбросов вредных вещей, т/год</i>				
		<i>окись углерода</i>	<i>двуокись азота</i>	<i>сернис- тый газ</i>	<i>сажа</i>	<i>углево- дороды</i>
1.	Добычные работы: валовый выброс за год при сгорании 1 т топлива	6,45	2,58	1,29	1,300	1,935
2.	Вскрышные работы	3,70	1,48	0,74	0,575	1,110
3.	Отвальные работы	9,35	3,74	1,87	1,450	2,805
4.	Угольный склад	5,00	2,00	1,00	0,780	1,500
5.	Транспортное оборудование	8,80	0,50	1,76	3,650	2,640

Как видно, из приведенных данных загрязнение атмосферы выбросами пыли и газов от работы карьера представляет внушительные объемы.

Кроме того наблюдается загрязнение атмосферы и углем при добыче, формировании склада, в результате переизмельчения.

Общие потери угля при взрывах, погрузочных работах и транспортировке, а также выгрузке на промежуточном складе, составляют 0,8 %, т.е. при достижении проектной мощности угольного разреза месторождения Киякты в 300 тыс т выброс угля в атмосферу составит 2400 т в год.

Весь этот объем тонкоизмельченной пыли и угля выносится ветровым потоком в атмосферу. Вокруг карьера образуется зона максимального загрязнения окружающей среды радиусом до 2 км. Далее под влиянием турбулентного обмена и вертикальных движений воздуха тонкодисперсные частицы пыли переносятся из одних слоев атмосферы в другие (в частности из тропосферы в стратосферу), где они могут находиться от нескольких суток до 2 лет.

При такой продолжительности движения примеси успевают распространиться на многие тысячи километров от тех мест, где они поступили в атмосферу. В природно-климатических условиях аридной зоны месторождения Киякты, где скорость ветра варьирует от 4 до 20-25 м/сек пыль надолго сохраняется в воздухе, угрожая здоровью людей как в рабочей зоне, так и в близлежащих населенных пунктах.

С целью снижения пылевых выбросов разработаны мероприятия [43], которые позволяют снизить концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны в 6-9 раз. Так при работе 1-го автотранспорта выделяется 0,62 т пыли в год, осуществление мероприятий по пылеподавлению снижает концентрацию пыли до 0,09 т/год.

Для предотвращения негативного воздействия на атмосферный воздух работы угольного разреза предусматривается комплекс инженерно-технических мероприятий:

- для предотвращения сдувания пыли с поверхности породных отвалов рекомендуется высев многолетних трав;
- для борьбы с пылью при работе автотранспорта рекомендуется обработка дорог водой, универсином и другими связующими, прокладка автодорог с капитальным покрытием;
- для снижения количества пыли и газов при взрывании предусматривается применение гидрозабойки скважин и орошение водой уступов перед взрыванием.

Негативное воздействие на окружающую среду вызывают и отвалы некондиционного угля, которые являются источниками пылевых выбросов и ядовитых газов в случае самовозгорания угля.

Анализ бурогоугольного месторождения Киякты позволяет сделать вывод, что это месторождение можно представить как полипродуктовое производство:

1. наличие биопрослоек, богатых гуминовыми составляющими, содержание которых достигает 60-70 %, позволит перерабатывать их в гуминовые препараты [14-18]. Извлечение и переработка этого сопутствующего угля ресурса, позволит сократить объемы заделживаемых земель под отходы и ликвидировать источник пылевых выбросов;

2. вскрышные породы, представленные суглинками, с высоким содержанием кремнезема, могут быть использованы в производстве строительных материалов и снизить антропогенное давление на окружающую среду;

3. Кияктинский уголь по показателям качества пригоден в качестве энергетического топлива. Отрицательным свойством этого топливно-энергетического ресурса является его мягкость – коэффициент твердости по шкале М.М.Протоdjяконова равен 1. Это определяет его высокую степень разрушения, что ведет к образованию значительного количества до 20-35 % мелочи класса 0-6 мм, как при добыче, так и при хранении. Этот факт вызывает увеличение потерь полезного ископаемого, создает очаг пылевых выбросов и способствует загрязнению атмосферы тонкодисперсными частицами, которые под действием ветрового потока переносятся на значительные расстояния.

Проблема топливо-сбережения, снижения и ликвидации отрицательного воздействия на окружающую природную среду может быть решена регенерацией отходов угледобычи.

*Месторождение Ой-Карагай*, расположено среди юго-восточных отрогов хр. Кетмень 90 км от пос. Нарынкол, восточной части Алматинской области. Окисленные угли находятся в верхней части угольного пласта. На месторождении выделяется три участка: западный, центральный и восточный. *Северная часть западного участка* является подготовленной для освоения, по нему подсчитаны промышленные запасы в количестве 8,03 млн. тонн. Перспективные разведанные запасы угля всего месторождения составляют около 120 млн. тонн. Угольный пласт однородный до 9-17 метров и находится от поверхности почвы на глубине 1,5-10 метра.

Полезное ископаемое обводнено (выделяется шесть водоносных горизонтов), причем основное влияние на водопритоки в карьер оказывают водоносный горизонт верхнечетвертичных аллювиальных отложений и пластовые воды среднеюрских отложений [44].

Запасы месторождения оцениваются в 124 млн. тонн, из которых 41 млн. т пригодны для открытой отработки. Средний коэффициент вскрышки

-3,2 м<sup>3</sup>/т максимальная глубина карьера до 80 м. По запасам бурых углей, пригодных для открытой добычи, месторождение Ой-Карагай является одним из наиболее крупных в Южном Казахстане [45] Качественная характеристика бурого угля получена на основании технических анализов и технологических испытаний опытным сжиганием: Марка угля - БЗ; ГОСТ 7549-54; зольность - 12,5 %; аналитическая влажность - 7,8 %; калорийность - 6700 ккал/кг; низшая теплота сгорания - 3600 ккал/час; выход летучих - 27-45 %; содержание серы - 0,6- 1,1 %; углерода - 75-83 %; кислорода - 15-37 %; водорода - 3,0- 6,5 %; азота - 0,7-1,2 %; содержание гуминовых кислот до 80 %.

Угли Ой-Карагайского месторождения бурые, гумусовые. Выделено пять типов в зависимости от процентного содержания золы. По исходному петрографическому составу угли принадлежат трем классам: челитолитам, фюзенитам и микстогумолитам.

Угли Ой-Карагайского месторождения характеризуются средней технической прочностью. Опыт эксплуатации разреза показал, что товарный уголь состоит в среднем из 56-64 %

Выветренный уголь после трех месяцев хранения под открытым небом содержит 70 % мелочи, класса менее 6 мм. Рядовой уголь при выполнении условий хранения такого типа угля сохраняет под внешним слоем свою прочность в течение 5-6 лет.

ГОСТом 7049-54 бурые угли Средней Азии по размерам кусков делятся на классы: БК - бурый крупный - 50-100 мм; БОМ - бурый орех с мелким - 13-50 мм; БСШ - бурый семечко со штыбом - 0-13 мм.

Результаты ситовых анализов дают следующий выход классов крупности для Ой-Карагайских углей: для рядовых углей: БК-19,9 %, БОМ-44,0 %, БСШ-36,1 %; для углей зоны окисления и выветривания: БК - 24,6 %, БОМ - 31,4 %, БСШ - 43,7 %.

Промышленное содержание редких и рассеянных элементов в Ой-Карагайских углях, имеющих промышленное значение не обнаружено. Некоторый интерес представляет процентное содержание селена в выветрелой части угольного пласта, которое составляет 0,013-0,11 %.

Содержание стронция в золе угля колеблется в пределах 0,5-4,0 кларка. Кобальта, лития, ванадия, вольфрама, марганца, титана, олова, хрома, бериллия, ниобия, галлия и молибдена содержится меньше одного кларка. Содержание германия лишь в двух пробах близко к одному кларку. Содержание глинозема колеблется в пределах 0,54-2,0 % и промышленного значения не имеет. Содержание урана для рабочей части мощности угольного пласта на северной части Западного участка составляет 0,002 %.

В настоящее время добыча и отгрузка угля ведется сезонно, при этом количество складированного некондиционного угля составляет порядка 300 тонн.

Химический состав углей зоны окисления месторождения Ой-Карагай, определен в аналитической лаборатории КазНУ им. аль-Фараби. В составе окисленных бурых углей установлены следующие соединения (%):

SiO <sub>2</sub> -25,45;	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 21,56;	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -20,37;
TiO <sub>2</sub> -1,25;	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0,08;	CaO-17,03;
MgO-1,62;	K <sub>2</sub> O-0,75;	Na <sub>2</sub> O-0,16;
SO <sub>3</sub> -7,85;	BaO-4,06;	N-0,6.

Выход летучих веществ составляет 43,1%, битумов - 1,34%, зольность углей -20,7%. Месторождение характеризуется непостоянством состава с преобладанием железисто-известковой разновидности.

Окисленные угли в небольшом количестве содержат также подвижные формы и макро и микроэлементов (мг/кг): аммиачный и нитратный азот соответственно 8,7-12,0 и 1,8-3,3; Fe-1,63-37,3; Cu -0,08-2,5; B-0,8-2,5; Zn-0,6-1,13; Mn-1,5-5,4; Co-0,06-0,19; Mo-0,1-0,25;

Содержание свинца и кадмия ниже предельно-допустимых количеств. Угли месторождения характеризуются высокой емкостью катионного обмена (111,6-262,1 мг-экв/100г) и сорбцией азота из раствора (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, которая составляет 4,9г на 1кг угля. Среди обменных оснований преобладает кальций (33,9-89,8 мг-экв), магний (14,4-29,8 мг-экв) и натрий (0,42-0,88 мг-экв). При этом наблюдается четко выраженная тенденция уменьшения суммы обменных катионов сверху вниз по разрезу зоны окисления.

Особенностью Ой-Карагайского бурогоугольного месторождения является его высокогорное расположение, где часто наблюдаются ветра от 2-х до 70 м/с.

Угли месторождения недостаточно углефицированы, склонны к сильному измельчению при добыче и хранении и быстрому окислению вплоть до самовозгорания. Это приводит к тому, что значительная часть добываемого угля (иногда до 30-40 %), некондиционная по крупности, не находит сбыта и переходит в категорию отходов, увеличивая нагрузку на окружающую среду и снижая рентабельность эксплуатации месторождения. В процессе слоевого сжигания такого угля около 40 % просыпается вместе с золой через колосники и до 20 % вместе с дымом вылетает через дымовые трубы, загрязняя атмосферу и почву. Кроме того, из-за большой поверхности соприкосновения с кислородом воздуха уголь склонен к самовозгоранию, а из-за повышенной зольности и влажности снижается теплота сгорания. Если принять, что за год полностью окислится 20 % заскладированного угля, то ежегодный выброс углекислого газа составит около 57 032 т. Можно ожидать, что вынос угольной пыли с отвала может достигать 3,5-4,0 т с 1 га в год.

Одним из способов решения возникающих эколого-экономических проблем является переработка некондиционного по крупности угля, что

позволит перевести его из отходов в категорию товарной продукции для малых предприятий.

Характеристика выбросов в атмосферу из Ой-Карагайского разреза приведена в таблице 1.18.

Таблица 1.18- Приведенная годовая масса выбросов в атмосферу из Ой-Карагайского разреза

<i>Наименование загрязняющих веществ</i>	<i>Фактическая масса, т</i>	<i>Показатель относительной агрессивности</i>	<i>Приведенная масса условных тонн</i>
Двуокись углерода	57 032,0	1	57 032,0
Угольная пыль	7,2	40	288,0
Итого			57 320,0

Утвержденная областным акиматом плата за хранение отходов составляет 7,5 тенге за 1 т в год; плата за выбросы в атмосферу составляет 175,0 тенге за 1 условную тонну в год. Общая сумма выплат предприятия приведена в таблице 1.19.

Таблица 1.19- Размер выплат за нанесение экологического ущерба

<i>Вид экологических выплат</i>	<i>Количество оплачиваемых загрязнений, т</i>	<i>Ставка выплат за 1 т, тенге</i>	<i>Сумма, тыс тенге</i>
Плата за хранение отходов	105 000,0	7,50	787,500
Плата за выбросы в атмосферу	57 320,0	175,00	10 031,000
Итого			10 818,500

Разрабатываемые технологии переработки некондиционного угля позволят полностью избежать экологических выплат и кроме того получить прибыль от дополнительно производимой товарной продукции [46-47]. При этом обеспечивается комплексность использования Ой-Карагайского бурогоугольного месторождения, повышение экологических показателей угледобывающего производства. Повышается теплота сгорания (6683 ккал/кг), можно сэкономить до 30 % товарного угля, обычно складированного в отвале. Минимизируются вредные выбросы в атмосферу, улучшаются условия транспортировки, снизится импортозависимость Республики, являющаяся отходом производства рисовая шелуха используется как связующий материал и т.д.

Полностью устранить пыль при современной технологии горных работ практически невозможно, однако можно и необходимо снизить содержание

пыли в рудничном воздухе до таких пределов, когда возможность заболевания различными болезнями устраняется. Рудничная пыль неоднородна по минералогическому составу, так как в воздух попадают продукты измельчения различных горных пород и минералов. Наиболее опасным в отношении силикоза является содержание в пыли свободной двуокиси кремния и чем выше его содержание, тем более опасна рудничная пыль. Число заболеваний, таких как атеросклероз, туберкулез, желтуха, сердечно-сосудистая коррозия, анемия у матерей и детей, увеличивается, и даже новые типы болезней добавляются в близлежащих аулах, где расположен разрез.

### 1.2.3 Отходы золошлаков ТЭЦ АО «ССГПО»

На Рудненской ТЭЦ действует гидравлическая схема совместного удаления золы и шлака образующихся при сжигании Экибастузского угля. При сжигании угля образуется шлак и зола. Шлак сбрасывается под топку, а зола дымовыми газами выносится в газовый тракт котла, поступает в мокрые золоуловители с трубами Вентури, где улавливается, смывается водой в каналы гидрозолоудаления (ГЗУ). В эти каналы поступает также и шлак. Золошлаковая смесь по каналам ГЗУ транспортируется смывной водой в зумпфербагерной насосной станции, оборудованной четырьмя насосами 10ГРУ – 8Т, которые перекачивают ее в золоотвал сформированный в первом озере Васильевского накопителя-испарителя. Старый золоотвал в настоящее время используется как резервная емкость для складирования золошлаков. Общая характеристика золоотвалов Рудненской ТЭЦ приведена в таблице 1.20.

Общая характеристика золоотвалов Рудненской ТЭЦ, работающей на экибастузском угле, приведена в таблице 1.55. Всего в золоотвалах ТЭЦ за 40 лет эксплуатации накоплено более 9,8 млн. куб. м золошлаков. Ежегодное количество, образующихся золошлаковых отходов составляет в настоящее время порядка 800 тыс. тонн.

Таблица 1.20 - Характеристика золоотвалов Рудненской ТЭЦ АО «ССГПО»

Наименование объекта	Место расположения	Площадь накопителя, га	Объем складирования, тыс. м <sup>3</sup>	Проектная мощность, тыс. м <sup>3</sup>	Год начала складирования
Васильевский золоотвал	4350 м к северу от Сарбайского отвала	2756,4173	6 926,8	36 600	2004 г.
Старый золоотвал	900 м северо-западнее хвостохранилища	45,9	2873,135	4 310,0	1978 г.

Золошлаки от сжигания на Рудненской ТЭЦ экибастузского угля представляют собой порошкообразное вещество, летучее в сухом состоянии, нетоксичное, нерастворимое в воде, пожаро- взрывобезопасное, не способное к самовоспламенению и самовозгоранию. Содержание горючих веществ в золошлаковых отходах в составляет 4,8 %. Золошлаки ТЭЦ относятся к промышленным отходам IV класса опасности.

В таблице 1.21 приведены данные по содержанию микроэлементов в экибастузском угле и золе.

Таблица 1.21- Содержание микроэлементов в экибастузском угле и золе

Обозначение	Содержание микроэлементов, мг/кг		Кларк осадочных пород
	В угле	В золе и шлаке	
Pb	10	10-20	20
V	4	100-300	130
Cr	15	10-40	100
Zn	40	70-100	80
Mn	1000	400-800	670
Ba	1000	500-600	800
Sr	600	300	450
Ni	10	30-40	35
Cu	20	10-100	57
Mo	1,5	5-10	2
Be	5	1-10	3
Co	6	3-20	20
U	2-4	2-3	2,5

В экибастузском угле не обнаружены такие микроэлементы, как лантан, германий, литий, технеций, гафний, тантал, теллур, ртуть, золото, индий, кадмий из числа тех, которые обычно содержатся в углях. В отдельных случаях обнаружены небольшие количества вольфрама, сурьмы, висмута, серебра, таллия. Содержание мышьяка колеблется на уровне 15-30 мг/кг. Для углей Экибастузского месторождения характерно высокое по сравнению с другими углями СНГ содержание таких микроэлементов как титан, барий, селен, цинк, марганец, цирконий, фтор, медь и ванадий и более низкое содержание свинца и хрома.

Входящие в состав золошлаков вредные вещества могут мигрировать с поверхности золоотвала через воздушную и водную среды и загрязнять приземную атмосферу, почву, подземные и поверхностные воды в районах, расположенных на расстоянии до нескольких километров от накопителя отходов. Распространяясь в дальнейшем по различным трофическим

цепям, токсичные вещества, содержащиеся в золошлаковых отходах, могут вызывать деградацию биосистемы и негативно воздействовать на здоровье человека (через воду, воздух, пищу).

Исследование влияния на окружающую среду осуществлялось путем изучения и анализа загрязняющих веществ в составе золошлаков и данных опробования атмосферы, гидросферы и почв в местах их размещения [48].

Воздушный бассейн в зоне воздействия золоотвала загрязняется в результате поступления частиц золошлаков, складываемых мелкодисперсных материалов за счет сдувания пыли с открытой (пляжной) части. Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, зависит от природно-климатических условий и особенностей циркуляции атмосферы.

Расчеты массы переноса пыли с отвалов, сложенных из пород, легкого механического состава, показывают, что удельная запыленность территории может составлять до 500 га на 1 га отвала. При этом 50% пыли откладывается на прилегающих к отвалам землях, и 50% пыли длительное время перемещается с воздушными потоками. В соответствии с этими расчетами ежегодно выносятся за пределы отвалов в среднем от 200 до 1000 т зольной пыли. Масса уноса золы с отвалов зависит от площади и интенсивности (удельной сдуваемости золы) пыления. Удельная сдуваемость золы зависит от влажности золы и скорости ветра, наблюдаемого в районе расположения отвалов. При этом зольная пыль выносятся не со всей площади золоотвала, а лишь с тех участков, влажность которых ниже 20%. Наибольшая интенсивность пыления наблюдается при влажности пылящей поверхности менее 10%.

Среднегодовые концентрации загрязняющих атмосферу веществ в 2015-2016 годах приведены в таблице 1.22.

Таблица 1.22 – Показатели состояния атмосферы в районе золоотвала (2015-2017 годы)

Наименование показателя, год	Концентрация ЗВ, мг/м <sup>3</sup>		
	Пыль	СО	NO <sub>2</sub>
C <sub>ср</sub> (2015)	0,05	1,2	0,04
Сфон (2015)	0,04	1,0	0,02
C <sub>ср</sub> (2016)	0,06	1,1	0,06
Сфон (2016)	0,05	1,0	0,05
C <sub>ср</sub> (2017)	0,04	1,2	0,05
ПДК	0,5	5	0,2

Из таблицы 1.23 видно, что значения контролируемых показателей (пыль, окись углерода и двуокись азота) за весь период наблюдений выше фоновых, но не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК) в атмосферном воздухе.

Сравнение данных опробования за 2015-2017 годы с данными мониторинга атмосферы в 2002 и 2003 годах показывает, что среднее за указанные периоды содержание пыли уменьшилось почти в 2 раза, а концентрация окиси углерода увеличилась в 2,5 раза.

Воздействие на гидросферу накопителей золошлаков происходит в результате проникновения загрязненных фильтрационных вод в грунтовые.

Таблица 1.23 Показатели состояния атмосферы в районе золоотвала (2002-2003 годы)

Наименование показателя, год	Концентрация ЗВ, мг/м <sup>3</sup>		
	Пыль	СО	NO <sub>2</sub>
C <sub>ср</sub> (2002)	0,06	0,37	н.о
C <sub>ср</sub> (2003)	0,12	0,5	н.о
ПДК	0,5	5	0,2

В целом, можно констатировать, что параметры состояния атмосферы в районе размещения золошлаков не превышают предельно допустимых значений для всех контролируемых показателей.

Природные воды в районе размещения подразделений АО ССГПО по своему химическому составу являются хлоридными, сульфатными, натриевыми с повышенной жесткостью и минерализацией.

Воздействие на гидросферу накопителей золошлаков происходит в результате проникновения загрязненных фильтрационных вод в грунтовые. Изменение химического состава подземных вод в районах размещения золоотходов обусловлено инфильтрационными потерями в ложе накопителя, а загрязнение поверхностных водных объектов на территориях, прилегающих к золоотвалам, происходит вследствие утечек неочищенного стока через ограждающую дамбу. Для контроля за химическим составом фильтрующих вод, вокруг золоотвала Рудненской ТЭЦ оборудована сеть наблюдательных скважин.

Содержания загрязняющих веществ в озере 1, куда складываются текущие золошлаки, за 2015-2016 годы показаны в таблице 1.24.

Таблица 1.24– Показатели содержания загрязняющих веществ в озере 1

Место отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация, мг/л			ПДК, мг/л
		2015	2016	2017	
Васильевский накопитель, озеро 1 проба 41	рН	8,86	8,89	8,64	-
	Сульфаты	1265,4	1149,7	1185,1	500,0
	Фосфаты	0,41	0,30	0,489	3,5
	Хлориды	2085,1	1721,9	1539,4	350,0
	Нитраты	0,661	0,625	2,56	45,0
	Нитриты	0,025	0,056	0,254	3,3
	Кальций	395,8	360,7	365,7	-
	Магний	155,0	145,9	133,8	-
	Азот аммонийный	0,15	н.о.	0,376	2,0
	Железо общее	0,269	0,348	0,452	0,3
	Сухой остаток	5292	4576	4296	1500
	Нефтепродукты	0,26	н.о.	н.о.	0,1
	Марганец	0,082	0,397	0,196	0,1
	Цинк	н .о.	0,036	н.о.	1,0
	Свинец	0,004	0,009	0,010	0,03
	Никель	0,054	0,138	0,063	0,1
	Кобальт	н.о.	0,064	0,014	0,1
	Бор	0,553	0,50	0,563	0,5
	Взвешенные вещества	151,2	99,2	15,2	-
	Алюминий	0,079	0,056	0,028	0,5
Гидрокарбонаты	115,9	115,9	152,5	-	

Анализ таблицы 1.24 показал, что за рассматриваемый период наблюдалось стабильное превышение ПДК по сульфатам 2,3 – 2,5 раза, хлоридам 4,4 – 5,9 раза и сухому остатку 2,9 – 3,5 раза. В 2016 и 2017 годах фиксировались повышенные содержания по железу общему - 1,2ПДК и 1,5ПДК, а в 2015 и 2017 годах по бору- 1,1ПДК. Также превышался ПДК по никелю в 1,4 раза(2016 год) и марганцу почти в 2 раза(2017 год).

Показатели, характеризующие состояние подземных вод в районе размещения старого золоотвала в 2015- 2017 годах приведены в таблице 1.25

Таблица 1.25– Показатели концентраций загрязняющих веществ в подземных водах (2015-2017 годы)

Место отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация, мг/л			ПДК, мг/л
		2015	2016	2017	
Старый золоотвал, скважина № 1 (276080)	рН	8,55	8,55	8,69	-
	Сульфаты	7,41	37,04	172,8	500,0
	Фосфаты	0,58	2,35	н.о.	3,5
	Хлориды	83,0	106,0	79,0	350,0
	Нитраты	15,36	0,942	0,351	45,0
	Нитриты	0,24	0,090	0,014	3,3
	Кальций	4,01	6,01	8,0	-
	Магний	8,5	7,3	17,6	-
	Азот аммонийный	7,86	4,16	н.о.	2,0
	Железо общее	0,987	1,369	0,061	0,3
	Сухой остаток	796	888	952	1500
	Марганец	0,147	0,53	0,075	0,1
	Цинк	н.о.	0,018	н.о.	1,0
	Свинец	0,003	0,005	н.о.	0,03
	Никель	0,093	0,306	0,023	0,1
	Кобальт	н.о.	0,036	н.о.	0,1
	Бор	1,37	1,11	2,08	0,5
	Взвешенные вещества	91,2	206,9	139,8	-
	Алюминий	0,080	0,016	0,024	0,5
Гидрокарбонаты	671,0	622,2	603,9	-	

Как видно из таблицы 1.25 за рассматриваемый период наблюдалось превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в подземных водах по бору в 2,2 – 4,2 раза. В 2015 и 2016 годах фиксировались превышения ПДК по азоту аммонийному в 3,9 и 2,1 раза, железу общему в 3,3 и 4,6 раза, а также марганцу в 1,5 и 5,3 раза. Превышение содержаний никеля (3 ПДК) наблюдалось в 2016 году.

Показатели, характеризующие состояние подземных вод в районе размещения старого золоотвала в 2002 и 2003 годах приведены в таблице 1.26

Таблица 1.26 – Показатели содержаний загрязняющих веществ в подземных водах (2002-2003 годы)

Место отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация, мг/л		ПДК, мг/л
		2002	2003	
Золоотвал ТЭЦ, скважина 45	рН	7,65	9,2	-
	Сульфаты	175,3	134,2	500,0
	Фосфаты	2,93	н.о.	3,5
	Хлориды	264,9	237	350,0
	Нитраты	18,3	но.	45,0
	Нитриты	2,5	0,46	3,3
	Кальций	62,12	6,01	-
	Магний	29,18	6,08	-
	Азот аммонийный	1,99	0,004	2,0
	Железо общее	0,06	н.о.	0,3
	Сухой остаток	922	1178	1500
	Марганец	н.о.	0,21	0,1
	Цинк	н.о.	н.о.	1,0
	Свинец	0,003	0,0041	0,03
	Никель	н.о.	н.о.	0,1
Кобальт	0,064	н.о.	0,1	
Бор	0,363	1,64	0,5	
Алюминий	0,06	0,21	0,5	

Исследования показали, что за рассматриваемый период (2015-2017 годы) наблюдалось превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в подземных водах по бору в 2,2 – 4,2 раза. В 2015 и 2016 годах фиксировались превышения ПДК по азоту аммонийному в 3,9 и 2,1 раза, железу общему в 3,3 и 4,6 раза, а также марганцу в 1,5 и 5,3 раза. Превышение содержаний никеля (3 ПДК) наблюдалось в 2016 году. Анализ данных за 2002 и 2003 годы выявил превышение предельно допустимых норм лишь в 2003 году по марганцу – 2,1 ПДК и бору – 3,3 ПДК.

Сравнительный анализ данных опробования в настоящий период (2015 – 2017 годы) и прошлый период (2002-2003 годы) показывает, что количество загрязняющих веществ имеющих превышения ПДК выросло с двух в прошлом периоде (марганец и бор) до пяти в настоящем (марганец, бор, никель, железо общее и азот аммонийный). При этом средние содержания увеличились с прошлого по настоящий периоды по марганцу в 2,5 раза, бору – 1,5 раза, по общему железу – 2,7 раза и азоту аммонийному – 4 раза.

Как показывает анализ приведенных данных опробования, характер изменения концентраций загрязняющих веществ в рассмотренные

временные периоды носит неравномерный характер и не имеет, явно выраженной, закономерности

Загрязнение почвенного покрова происходит за счет миграции, входящих в состав золошлаков вредных веществ, с поверхности золоотвала через воздушную и водную среды. Почвы в районе размещения золошлаковых отходов представлены солонцами (луговыми и степными), а также южным черноземом. Основные химические и физико-химические свойства почв: Солонец луговой, глубина 6-16 см, содержание гумуса 2,4 %, поглощенное основание - Ca+2-11,6 мг-экв на 100 г, Mg+2-5,6, Na+-0,45, K+-0,45. Чернозем южный нормальный легкосуглинистый, глубина 10-20 см, гумус 2,2 %, Ca+2-12 мг-экв на 100 г, Mg+2-4, Na+-0,09, K+-0,86. Солонец степной, глубина 10-20см, гумус 2.5%, Ca+2-8,4 мг-экв на 100 г, Mg+2-7,6, Na-0,16, K+-0.

В таблице 1.27 приведены данные о содержании микроэлементов в почвах районе старого золоотвала Рудненской ТЭЦ в 2002 и 2017 годах.

Таблица 1.27– Показатели концентраций загрязняющих веществ в почвах

Источник воздействия	Наименование загрязняющих веществ	Содержание ЗВ, мг/кг		ПДК, мг/кг
		2002	2017	
Старый золоотвал	Алюминий	-	25673,5	
	Барий	-	126,9	
	Бериллий	2,8	<0,5	
	Бор	100	145,1	100
	Ванадий	118	66,3	150
	Висмут	-	<5,0	
	Железо	-	1524,0	
	Кадмий	-	<0,05	
	Кобальт	12,5	<0,5	50
	Марганец	1150	927,9	1500
	Медь	20	22,8	23
	Молибден	1	<1,0	
	Мышьяк	-	<0,05	2
	Никель	42,5	<0,5	80
	Литий	28	<0,5	
	Свинец	25	22,6	32
	Ртуть	-	<0,03	2,1
	Селен	-	<0,5	
	Вольфрам	-	<5,0	
	Стронций	138	143,0	
Сурьма	-	<5,0	4,5	
Титан	-	2605,6		
Хром	88	16,1	100	
Цинк	85	60,5	110	

Как видно из таблицы 1.27, превышение предельных нормативов в почвах зафиксировано лишь в 2017 году по бору – 1,45 раза и сурьме 1,11 раза. При этом сравнение данных опробования отдельных элементов за 2002 и 2017 годы показывает увеличение значений содержаний в 2017 году по бору в 1,45 раза и незначительно по меди и стронцию. По другим загрязняющим веществам (бериллий, ванадий, марганец, кобальт, никель, литий, свинец, хром и цинк) в 2017 году наблюдается снижение содержаний.

Исследованиями установлено, что превышение предельных нормативов в почвах зафиксировано лишь в 2017 году по бору – 1,45 раза и сурьме 1,11 раза. При этом сравнение данных опробования отдельных элементов за 2002 и 2017 годы показывает увеличение значений содержаний в 2017 году по бору в 1,45 раза и незначительно по меди и стронцию. По другим загрязняющим веществам (бериллий, ванадий, марганец, кобальт, никель, литий, свинец, хром и цинк) в 2017 году наблюдается снижение содержаний.

Анализ показывает, что влияние золоотвалов ТЭЦ на почвы характеризуется незначительным превышением ПДК практически по всем наблюдаемым элементам-загрязнителям, за исключением висмута и кобальта.

Таким образом, можно говорить о незначительной роли золоотвала в изменении почв, воздействие которого не распространяется за пределы санитарно-защитной зоны.

### **1.3 Характеристика состояния отходов производства по отдельным группам факторов**

Анализ состояния накопителей отходов горного производства с целью их утилизации и дальнейшей рекультивации позволил установить следующие основные факторы, определяющие выбор технических решений и методов технико-биологического восстановления нарушенных территорий: горно-геологические, горнотехнические и экологические [49].

Горно-геологические факторы (или признаки) накопленных отходов горного производства определяют, прежде всего, возраст отвалов, их емкость, физико-механические свойства слагающих горных пород и химический состав.

Возрастной фактор накопленных отходов определяет степень уплотнения заскладированного материала и существенно влияет на выбор способа рекультивации. В сравнительно молодых (до 15 лет) отвалах процессы уплотнения и осадки еще не завершены и это обстоятельство должно быть учтено при выборе оборудования. В отвалах и хранилищах

старшего возраста (от 15 до 30 лет) уплотнение грунта и осадка уже завершено, и, кроме того, в значительной мере произошло разрушение слагающего материала, что также имеет значение при выборе методов и средств рекультивационных работ.

Вещественный состав накопителей отходов характеризует, во-первых, степень его полезности с точки зрения дальнейшей отработки для извлечения имеющихся там полезных компонентов, и, во-вторых, устанавливает физико-механические свойства горных пород, такие как твердость, пористость, крепость, устойчивость и др. Последние необходимы для расчета режимов работы и производительности горного оборудования, для определения состояния и поведения горных пород в различных производственных процессах.

Емкость отвалов колеблется в весьма широких пределах и зависит от объема вынимаемых запасов и коэффициента вскрыши соответствующих природных месторождений. В черной металлургии наиболее распространены отвалы емкостью от 1 млн. до 10 млн.т (39,5% от общего числа отвалов), отвалы с емкостью до 1 млн.т составляют 23,3% и с емкостью от 10 млн.тонн и выше (до 200 млн.т) – 36,2%.

Объемный вес пород в накопленных отходах также изменяется в весьма широких пределах: от 1,4 до 2,0 т/м<sup>3</sup> в рыхлых породах; от 2,4 до 2,7 т/м<sup>3</sup> в полускальных породах; от 2,7 до 3,2 т/м<sup>3</sup> в скальных породах. Угол внутреннего трения колеблется от 15о до 35о.

При анализе к горнотехническим факторам были отнесены:

- условия формирования отвалов (технологии отвалообразования);
- размеры и форма объектов;
- гранулометрический состав накопленного техногенного сырья.

Отходы горнометаллургического производства (отвалы, хвостохранилища и пр.) образованы с помощью плужного, бульдозерного, экскаваторного, конвейерного отвалообразования, а также с помощью гидронамыва. В земельном отводе горнодобывающих предприятий Казахстана на долю отвалов приходится от 20-25%, на долю хвостохранилищ – от 30 до 35%.

По высоте насыпные (сухие) отвалы подразделяются на низкие (до 20 м), средние (20-50 м) и высокие (свыше 50 м). Количество отвалов с высотой до 20 м составляет в черной металлургии 60% (в цветной – 78,7%) относительно всего количества; с высотой отвалов от 20 до 50 м в черной металлургии – 24,1% (в цветной – 20,1%) и с высотой > 50 м – 15,9% в черной металлургии (1,2% - в цветной металлургии). Отвалы имеются как одноярусные, так и многоярусные.

Формы отводов под отвалы - прямоугольные, квадратные, круглые, эллипсовидные.

Фракционный состав пород изменяется в широких пределах. Так, на отвалах вскрышных пород и забалансовых руд он составляет диапазон от 0,1 до 2000 мм. На хвостохранилищах от 0,01 до 70 мм, на шлакохранилищах – от 2÷5 мм до 2000 мм.

Параметры отвалов – объем, высота, форма основания оказывают влияние на интенсивность нарушения земель, сроки рекультивации, технико-экономические показатели рекультивационных работ и пр.

Высота отвала влияет не только на эффективность вскрышных работ и интенсивность нарушения окружающей природной среды, но и на стоимость и трудоемкость процессов горнотехнической рекультивации: с увеличением высоты отвала снижаются затраты на утилизацию чернозема, но одновременно возрастают затраты на выполаживание откосов.

Существует жесткая взаимосвязь между высотой отвала, его объемом и площадью отчуждаемых земель. На основании этих взаимосвязей по разработанным формулам рассчитаны и рекомендованы параметры и формы отвалов при их расположении на высокоэффективных сельскохозяйственных землях. В случае расположения отвалов на землях, непригодных для сельскохозяйственного использования выбор их параметров осуществляется по другим критериям – минимум затрат на транспортные и отвальные работы.

Группа экологических факторов включает:

- площадь изъятых под накопленные отходы земель;
- уровень пылеобразования и стоков от техногенных объектов;
- экономический ущерб от загрязнения окружающей природной среды, нарушения и изъятия земель.

Влияние накопленных отходов на окружающую природную среду (ОПС) выражается в нарушении природного ландшафта территории, загрязнении и снижении продуктивности близлежащих земель (почв), вывода из хозяйственного оборота земель.

Занимаемая площадь земель под накопители типа объемов вскрышных пород в цветной и черной металлургии равна 13184 га, типа хвостохранилищ – 8880 га и типа шламохранилищ – 1000 га.

Удельная землеемкость (величина площади в гектарах, приходящаяся на 1 млн.т запасов отходов) колеблется в весьма широких пределах от 0,001 до 10 га /тыс.м<sup>3</sup>.

Одним из главных факторов вредного воздействия накопителей отходов на ОПС являются пылевыбросы с поверхности отвалов и хвостохранилищ. На основе определения значений пылевыбросов с поверхности накопителей отходов и стоков можно не только выделить зоны распространения загрязненности воздуха и подземных водотоков, но и определить экономический ущерб, наносимый ОПС. Поступившие из

различных источников пылевидные загрязнения переносятся воздушными потоками из одних слоев атмосферы в другие (из тропосферы в стратосферу). Средняя продолжительность пребывания не осаждающейся пыли (легкой) составляет около 2 лет в стратосфере, 1-4 месяца в верхней тропосфере и 6-10 суток в нижней тропосфере.

Основные факторы влияния хранилищ твердых отходов на окружающую природную среду показаны на схеме (рис.1.1).

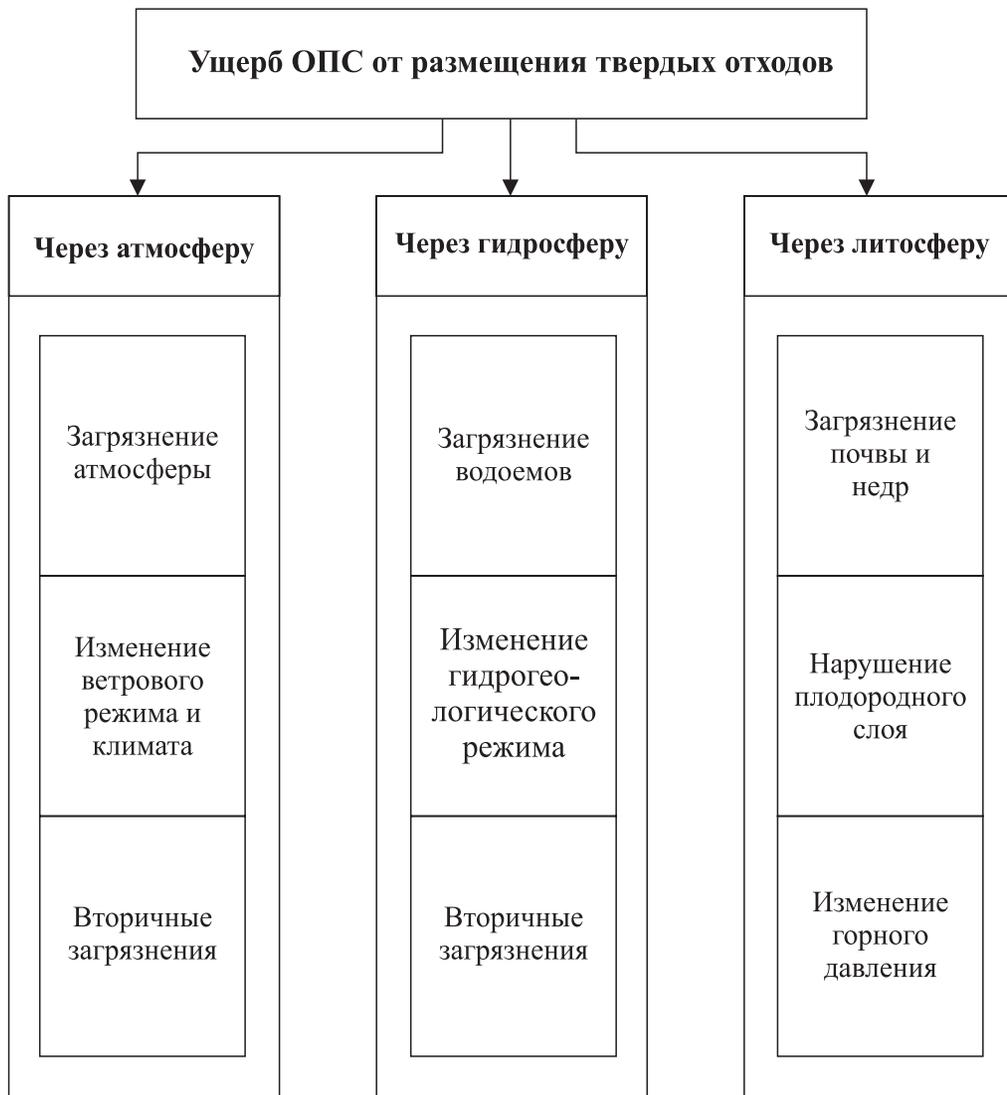


Рисунок 1.1- Основные факторы влияния хранилищ твердых отходов на ОПС

## **1.4 Методические и технические решения по снижению вредного воздействия отходов производства на окружающую среду**

### **1.4.1 Методические принципы контроля состояния отходов производства**

В процессе функционирования горнодобывающих предприятий образуются различные, по объемам складирования, качественному составу и характеру воздействия на окружающую среду, отходы.

Рассмотрим специфику организации системы контроля загрязнения компонентов окружающей среды на хвостохранилищах и отвалах вскрышных пород при производстве открытых горных работ в рамках проведения горно-экологического мониторинга.

Накопители отходов производства с комплексом дополнительных устройств и сооружений, обеспечивающих их бесперебойное функционирование, оказывают следующие виды воздействия:

- Отчуждения земель и нарушение ландшафта;
- Загрязнение воздушного бассейна продуктами ветровой эрозии и деятельности транспортных механизмов;
- Загрязнение водного бассейна фильтраатами жидкой фазы и продуктами водной, ветровой эрозии и суффозионных выносов;
- Загрязнение (или засоление) почв прилегающих территорий продуктами эрозии и в результате подтопления;
- Нарушение гидрологического режима вследствие постоянного изменения депрессионной воронки;
- Комплексные экологические нарушения в результате возможных аварийных ситуаций.

В процессе экологического мониторинга проводится измерение (определение), накопление и статистическая обработка данных о величинах показателей каждого из приведенных видов воздействия.

Фиксируются в цифровом и графическом отображении размеры и конфигурация отчуждаемых территорий на момент начала эксплуатации рассматриваемого комплекса, а в процессе эксплуатации постоянно отслеживается динамика отчуждения: перемещение (перенос) полос отчуждения под транспортные коммуникации и пульповоды, погашение (рекультивация) отработанных полос и т.п. Вся информация в цифровом и графическом виде накапливается в базе данных для принятия необходимых решений.

Для измерения загрязнения воздушного бассейна организуется сеть нестационарных (перемещаемых с изменением высотных отметок намыва хвостохранилища) пунктов, укомплектованных пылеловушками и приборами автоматического контроля за запыленностью воздуха. Эти пункты размещаются непосредственно на источнике выброса, а

информация от них передается на центральный пост контроля. Вторая измерительная сеть стационарных постов контроля размещается в соответствии с «розой ветров» в пределах максимального радиуса переноса пыли, который растет по мере увеличения высоты хвостохранилища. Радиус вначале (для грубой предварительной оценки) определяется расчетным путем в зависимости от метеоусловий, высоты источника и свойств пылящего материала, и уточняется в процессе наблюдений. В пределах этого радиуса устанавливается сеть постов по контролю за загрязнением земной поверхности и водоемов осаждающейся пылью. В этих же пределах на основе топографического картирования выявляются естественные водосборники, на которых устанавливаются стационарные посты контроля загрязнения.

Вокруг хвостохранилища и сооружений последующих стадий водоотстоя создаются две сети стационарных постов гидрологического и гидрохимического контроля. Приборы контроля должны работать в автоматическом режиме круглосуточно. Информация измерений позволит контролировать степень надежности гидроизоляции сооружения, загрязнения подземных и грунтовых вод ингредиентами жидкой фазы пульпы и своевременно устанавливать возможность возникновения аварийных ситуаций с нарушением гидроизоляции.

Внешние отвалы вскрышных пород характеризуются следующими видами воздействия:

- Отчуждение земель и нарушение ландшафта;
- Пылевое и газовое (в случае самовозгорания) загрязнение воздушного бассейна;
- Загрязнение водного бассейна продуктами выщелачивания отвальных пород;
- Загрязнение почв (или засоление) продуктами эрозии и выщелачивания;

Проводится мониторинг возврата и отчуждения земель (картируются погашенные и вновь вводимые участки отвала, вся информация в цифровой и графической интерпретации накапливается в банке данных). Контроль за загрязнением воздушного, водного бассейнов и почв организуется аналогично контролю на хвостохранилище. На отвалах самовозгорающих пород создается сеть стационарных постов измерения температуры на поверхности и в скважинах. По данным измерений проводится графопостроение изотерм на разных глубинах, сведения накапливаются в банке данных и периодически анализируются с целью выявления потенциальных очагов самовозгорания.

Важным моментом при проведении горно-экологического мониторинга является выбор методов и средств контроля загрязнения окружающей природной среды.

Одним из факторов, определяющих надежность контроля параметров окружающей природной среды, является способ отбора проб загрязняющих веществ. При проведении исследований по определению веществ, загрязняющих воздух, воду и почву необходимо учитывать особенности их распределения и поведения в каждой среде, а также взаимосвязь этих сред.

Наблюдению подлежат все вредные вещества, имеющие наиболее низкие значения предельно допустимых концентраций (соединения свинца, меди, хрома, никеля, кадмия, кобальта и др.), а также заведомо присутствующие в выбросах твердых и газообразных отходов горно-добывающих предприятий.

В методах контроля, используемых для определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе должны учитываться требования ГОСТ 17.2.4.02-81 «Охрана природы, Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ в воздухе населенных мест» и ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».

Выбор способа отбора проб атмосферного воздуха определяется, прежде всего, агрегатным состоянием веществ и физико-химическими свойствами. В воздухе микропримеси могут находиться в виде газов, паров и аэрозолей.

Отбор проб воздуха производят преимущественно аспирационным способом путем пропускания его через жидкие поглотительные среды на твердые сорбенты или фильтры. Выбор сорбционного устройства и продолжительность отбора проб воздуха зависит от вида и содержания микропримесей, а также чувствительности используемого метода анализов [50].

Для отбора проб воздуха, содержащего загрязняющие вещества в значительных концентрациях и использовании высокочувствительных методов анализа, обычно применяют газовые пипетки, шприцы, бутылки и полиэтиленовые мешки. При недостаточной чувствительности методов, определяемые вещества концентрируют.

Отбор газообразных или парообразных микропримесей осуществляется в жидкие поглотительные растворы (приборы Рихтера и Зайцева) и на твердые сорбенты: активированный уголь, силикагель и др. Для концентрирования из воздуха вредных веществ в виде аэрозоля используют фильтра типа АФА и ФПП. При исследовании атмосферных загрязнений используют специальные фильтродержатели двух типов: для фильтров ФПП-15 и АФА-ВП-40 с рабочей площадью 37-40 см<sup>2</sup> [51,52].

В зоне влияния промышленных выбросов отбор проб проводят на высоте 1,5 м от поверхности земли в течение 20-30 минут. Пробы

отбирают последовательно по направлению ветра на расстояниях от источников выбросов 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15; 20 км [53]. Измерение среднесуточной концентрации осуществляется непрерывным отбором в течении 24 часов.

В зависимости от уровня автоматизации отбора проб различают три группы пробоотборников [51]:

- Средства, требующие ручного регулирования расхода воздуха, включения и выключения. К данной группе относятся установка типа ПРУ-4, электроаспиратор типа Н-822, переносные пробоотборники ППА, «Малыш» и др.

- Средства, обеспечивающие определенные возможности автоматической работы (отбор проб в течении заданного времени, непрерывный или циклический режим работы). В данную группу входят аспираторы «Аэра» и АПВ-1, электроаспираторы ПА-1, ЭА-2, ЭА-2С., ЭА-3 и их модификация.

- Средства, обеспечивающие автоматическое поддержание заданного расхода и выполнение требуемой временной программы. Эта группа включает воздухоотборники «Компонент» (Россия), «Euroqlas» (Нидерланды), пробоотборники моделей 250 (США) и ОН-601 (Венгрия) и т.д.

Для анализа качественного состава воздушной среды используют различные физико-химические методы – хроматографию, фотометрию, полярографию, атомно- абсорбционную спектрометрию и др.

Широко используется для исследования загрязнения воздуха газовая хроматография, являющаяся высокочувствительным (диапазон изменяемых концентраций от  $5 \cdot 10^6$  до  $1 \cdot 10^{-12}$  мг/см<sup>3</sup>) и быстрым методом анализа. Сущность метода состоит в хроматографическом разделении веществ (обусловленном различием во взаимодействии между их молекулами) в разделительной колонке и фиксации выходящих из нее компонентов детекторами, действие которых основано на различии между физическими характеристиками этих компонентов [54,55].

В России выпускается широкий спектр газовых хроматографов для анализа воздуха в зоне действия промышленных предприятий [51]: «Агат», «Газохром 1109», «Автохром», «Цвет-500», «Миличром-2», «ЦветХПМ-5А» и др.

Значительное распространение получили масс-спектрометрический метод анализа атмосферного воздуха, заключающийся в идентификации загрязнителей по массовым спектрам, образующимся в результате ионизации исходного газа под действием электронов или других видов излучения. Наиболее распространенным является магнитный масс-спектрометр типа МИ-1201, предназначенный для дискретного анализа

изотопного состава газов и паров твердых веществ, а также для контроля изотопного состава газовых смесей в промышленных условиях. Прибор имеет широкий диапазон измерений массовых чисел ( $2 \div 720$ ), высокую разрешающую способность и низкий порог чувствительности (по цезию  $5 \cdot 10^{-10}$  г/л) [56].

Принцип действия полярографических (вольтамперометрических) приборов заключается в получении зависимости силы тока от напряжения при электролизе растворов. Метод применим к веществам, обладающим свойствами электрохимического окисления и восстановления.

Для определения качественного и количественного состава отобранных проб вольтамперометрическим способом используют полярографы ППТ-1, ПО-1, LP-7, LP-60, ПЭ-12 и ПО-5122 [57].

Фотометрический метод основан на избирательном поглощении световой энергии при прохождении ее через раствор, содержащий анализируемое вещество. В практике широко используются фотоэлектроколориметры (ФЭК-56М, ФЭК-60) и спектрофотометры (СФ-18, СФ-26, СФ-56, СФ-2000 и др.).

Весьма широкое распространение для определения микроконцентраций загрязняющих веществ в частности тяжелых металлов, получили эмиссионный спектральный и атомно-абсорбционный анализы.

В основе эмиссионно-спектрального метода лежит измерение интенсивности спектров излучения анализируемых веществ. В странах СНГ выпускается ряд приборов для эмиссионного спектрального анализа, в частности спектрограф кварцевый ИСП-30, спектрограф стеклянный трехпризменный ИСП-51, спектрограф ДФС-8 и др.

Атомно-абсорбционный метод основан на поглощении света свободными атомами анализируемого вещества. Наиболее часто используются атомно-абсорбционные спектрофотометры: С-115-М1, «Сатурн-3П-1», «Квант-2А», «Спираль-17», «Аналитик-2000».

Кроме методов, основанных на отборе воздушных проб, стандартными пробоотборниками с последующим анализом в лабораторных условиях, приведенных выше, широко используется непосредственное измерение концентрации загрязняющих веществ с помощью газоанализаторов. По функциональному назначению различают газоанализаторы для контроля атмосферы и выбросов [57].

Как средство контроля атмосферы газоанализаторы в основном определяют содержание окислов углерода (Палладий-2м), оксидов серы (667.ФФ.01 и «Атмосфера-1»), окислов азота (645ХЛ01), углеводородов (623ИН02).

Выбросы промышленных предприятий характеризуются более высокими значениями содержаний загрязняющих веществ и для их контроля используют следующие приборы: газоанализатор фотоабсорбционный

305 ФА 01 (CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>), электрохимический газоанализатор Каскад-512.2 (CO, O<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), газоанализатор пламенно-ионизационный 323-ИИ02 (углеводороды, а также газоопределители колOMETрического типа с индикаторными трубками ГХСО-5 (CO), ГХПВ-SO<sub>2</sub>-10 (SO<sub>2</sub>), ГХПВ-1 NO<sub>x</sub>-1 (NO+NO<sub>2</sub>) и др.

При контроле состояния атмосферы и промышленных выбросов, также необходимо определять давление, температуру, влажность воздуха и скорость воздушных и газовых потоков. Для измерения уровня барометрического давления используют метеорологические барографы типа М-22 и микроанометры серии ММН. Контроль температуры осуществляется термометрами типа ТМ и ТЛ, а также термометрическими преобразователями ПХК. Определение влажности производится гигрометрами (МВ-1, Hygrotest-6200) и аспирационными психрометрами (МВ-4М, М-34). Скорость движения воздушных и газовых потоков оценивается при помощи крыльчатых (АСО-3) и чашечных (МС-13) анемометров, а также термоанемометрами, (например, Testovert-4200).

Для осуществления радиационного контроля могут быть использованы дозиметры различных типов, в частности дозиметр-радиометр РКС-20.03 и комбинированный дозиметр ДКС-04.

Развитие средств комплексного контроля атмосферных загрязнений нашло отражение в разработке комплексных лабораторий (типа ИАЗ-1), стационарных и передвижных лабораторий для контроля воздушного бассейна (ПОСТ-1, ПОСТ-2А, СКПВ-1, «Атмосфера-П»), создании автоматизированных систем контроля загрязнений атмосферы АСКЗА («Воздух-1») и автоматизированных систем наблюдения и контроля за состоянием атмосферы АНКОС-А [51,58].

Весьма перспективны для контроля загрязнения атмосферного воздуха дистанционные способы с использованием лазерных локаторов (лидаров), отличающиеся высокой точностью и быстродействием [59].

Контроль за качеством поверхностных вод осуществляется по общезфизическим свойствам, химическому и бактериологическому составу.

Основными методами анализа загрязняющих веществ в воде являются: атомная абсорбция, спектроскопия, газовая хроматография, фотометрия, полярография и ионометрия.

Достоверность результатов анализа в большей мере зависит от правильности отбора проб. При отборе проб поверхностных вод и атмосферных осадков, необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 17.1.5.05-85. «Охрана природы. Гидросфера, Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».

Средства отбора проб используют в соответствии с ГОСТ 17.1.5.5.04-81. «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора первичной отработки и хранения проб природных вод».

Из рек и ручьев пробы отбираются по нескольким вертикалям с различных глубин створа. Отбор проб из потока должен сопровождаться измерением расхода по профилю стока. Пробы отбирают батометрами (типа ГР-15, ГР-16) или 2-5 литровыми бутылками, прикрепленными к шести или опускаемыми в поток в тяжелой оправе на тросе [56,59]. Для взятия проб донного осадка может быть использован, выпускаемый промышленностью дночерпатель типа Д4-0,025.

С целью сохранения постоянства свойств отобранных проб проводят их консервацию. В качестве консервирующих веществ рекомендованы различные соединения, в частности хлороводородная, азотная, серная кислоты, хлороформ и др.

Кроме отмеченных выше приборов для спектрального, хроматографического и атомно-абсорбционного анализа с странах СНГ широко используются ионометры И-115, И-120, ЭВ-74 и И-160, милливольтметры тира рН-121, рН-340, рН-47М, и АНИОН 7000, а также комбинированные приборы типа АНИОН 7050 и АНИОН 7051.

Значительный интерес представляют переносные фотоколориметры типа ФК-110 и ФК-120, позволяющие определять около 19 ионов веществ, содержащихся в поверхностных водах, в частности нитритов, нитратов, хлоридов, сульфатов, ионов меди, цинка, железа и др. [60]. Также находит широкое применение при мониторинге водных ресурсов фотометр фотоэлектрический КФК-3 производства Россия. Для определения степени загрязненности почвенного покрова производят отбор проб почвенных образцов. При проведении исследований следует использовать ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа». Кроме того, вопросы взятия и подготовки почвенных образцов к анализу достаточно подробно рассмотрены в существующих методиках [61,62].

Также как и при исследовании загрязнения поверхностных вод, отбирают точечные и объединенные пробы. Для определения в почве наличия микропримесей (тяжелых металлов, нефтепродуктов и т.д.) точечные пробы отбирают послойно на глубине 0-5 см и 5-20 см массой до 0,2 кг. Для отбора проб используют почвенные буры типа АМ-26, БП-25-15 и БПР-2.

При анализе загрязнения почвы легколетучими или химически нестойкими веществами точечные пробы отбирают по всей глубине почвенного профиля и помещают в стеклянные емкости, закрывающиеся герметично крышками. Пробы анализируют в день отбора проб, а при невозможности быстрого анализа их консервируют.

Для прослеживания путей миграции загрязняющих компонентов размещают от 4 до 8 разведочных профилей, расположенных в радиальных

направлениях от источника выбросов. При этом их направление корректируется годовой розой ветров. Шаг опробования изменяется от 50-200 м до 1-5 км.

Для анализа отобранных проб используются те же методы (хроматография, спектрометрия, полярография, ионометрия и т.д.) исследований, что и при оценке загрязненности микропримесями атмосферного воздуха и поверхностных вод.

В основе формирования информационной базы лежит изучение и анализ следующих показателей, характеризующих накопители отходов производства:

- характеристику типа отходов (породы вскрыши, хвосты и т.д.);
- данные об условиях образования и хранения;
- качественно-количественный состав отходов;
- основные физико-механические свойства;
- минералогический и химический состав;
- средние содержания токсичных и радиоактивных элементов;
- результаты технологических и технических испытаний проб отходов для получения металлов и другой полезной продукции;
- степень и характер воздействия отходов на компоненты окружающей среды (атмосферу, гидросферу, почвы);
- состояние здоровья населения, изменение фауны и флоры;
- фоновые геохимические характеристики окружающей среды в зоне размещения отходов.

Часть этих показателей может быть получена путем сбора данных содержащихся в фондовых материалах горных предприятий (годовых технологических и статистических отчетах, экологических паспортах, отчетах по проведению ОВОС и т.д.). Для определения других используются данные горно-экологического мониторинга, представляющие собой информационно-аналитическую систему контроля и оценки состояния окружающей среды в зоне деятельности горнодобывающих предприятий.

Таким образом, создание на основе проведения горно-экологического мониторинга информационной базы геоэкологической оценки отходов производства позволяет наиболее полно и достоверно определить уровень их воздействия на компоненты окружающей природной среды, прогнозировать изменение экологической ситуации и управлять ею. Путем реализации необходимого комплекса природоохранных мероприятий.

#### **1.4.2 Методы проведения рекультивации накопителей отходов производства**

Накопители отходов горнопромышленного комплекса занимают огромные территории земель, загрязняют прилегающие земли и

грунтовые воды токсичными элементами, отрицательно воздействуют на атмосферу региона, выделяя большую массу пыли с незакрепленных открытых поверхностей. Поэтому поиск путем снижения отрицательного воздействия их на окружающую среду является первостепенной задачей. Одним из направлений этого снижения является рекультивация земель, представляющая собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и –народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Общепринято проводить рекультивацию земель в два этапа: технический, включающий подготовку нарушенных земель для последующего целевого использования в народном хозяйстве и биологический, предполагающий осуществление комплекса агрохимических и фитомелиоративных мероприятий направленных на восстановление плодородия нарушенных земель.

При всем разнообразии методов и путей рекультивации восстановление территорий, нарушенных горными работами, ведется, в пяти основных направлениях:

- сельскохозяйственное (создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий);
- лесохозяйственное (воспроизводство на нарушенных землях лесонасаждений различного типа);
- водохозяйственное (создание в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения);
- санитарно-гигиеническое (биологическая и техническая консервация нарушенных земель);
- рекреационное (создание на нарушенных землях объектов отдыха и спорта).

В таблице 1.28 [49] приведены основные типы накопителей отходов производства и виды использования земель по направлениям рекультивации.

В общем спектре нарушенных горными работами земель, рекультивация площадей, занятых отходами производства имеет свои специфические особенности:

- создание оптимального поверхностного слоя, отвечающего требованиям биологической рекультивации;

Таблица 1.28 - Систематизация накопителей отходов производства по горно- геологическим условиям и возможным направлениям рекультивации

Тип ТМ	Преобладающий элемент рельефа	Параметры ТМ, ТО		Возможное использование после рекультивации
		Высота, отн.естест. поверхн.,м <sup>3</sup>	Угол откоса, град	
1	2	3	4	5
Отвалы внутренние, платообразные, близкие к уровню естественной поверхности	Плато	0-5	25-35	Пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, площадки для строительства на плато; лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения по склонам; зоны отдыха и спорта
Отвалы внутренние, платообразные террасированные	Плато, террасы по рабочему борту	5-15	Свыше 45	Пашни, сенокос, пастбища, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений, площадки для строительства на плато, лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения на террасах и склонах; зоны отдыха и спорта.
Отвалы внутренние гребневидные	Системы гребней	Высота гребней до 15	30-40	Пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато после планировки; лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения; зоны отдыха и спорта
Отвалы внешние платообразные средневысокие	Плато, откосы	15-30	25-30	Пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато; лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения; сенокосы по склонам; зоны отдыха и спорта

Отвалы внешние, платообразные террасированные средневысокие	Плато, террасы по откосам	30-50	До 45	Пашня, сенокосы, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато; лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения по склонам; зоны отдыха и спорта.
Отвалы внешние, высокие и очень высокие	То же	50-100	До 45	Сенокосы, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато и террасах, лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения на откосах; зоны отдыха и спорта.
Отвалы внешние, гребневидные	Система гребней, откосы	До 30	До 45	Сенокосы, многолетние насаждения; лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения.
Отвалы внешние, гребневидные с террасированными склонами	Система гребней по верху; террасы по откосам	30-100	До 45	Сенокосы, многолетние насаждения, все виды лесонасаждений на плато после планировки; лесонасаждения и задернованные участки природоохранного назначения на террасах и откосах.

- превышение (иногда значительное) отметок отвалов относительно уровня окружающей поверхности;
- необходимость больших объемов планировочных работ;
- влияние просадочных явлений на качество формирования поверхности;
- отсутствие естественного водофильтрующего горизонта;
- вероятность наличия на поверхности токсичных пород вследствие чего возникает необходимость создания экранирующего слоя;
- необходимость выполаживания или террасирования откосов отвалов;
- поэтапность рекультивации отдельных участков;
- взаимосвязь вскрышных, отвальных и рекультивационных работ;
- взаимоувязка во время работы основного и вспомогательного оборудования в общем комплексе отвально-вскрышных и рекультивационных процессов.

Все вышеуказанные особенности в значительной мере влияют на технологию, механизацию и организацию рекультивационных работ и отражаются на трудовых и денежных затратах.

Эффективность проведения восстановления земель, нарушенных в результате складирования отходов производства (ОП) в значительной мере определяются степенью изученности как горно-геологических и технологических условий, экономической значимости объекта рекультивации, так и социально-экологических последствий его влияния. При этом подготовка накопителей отходов производства к рекультивации должна базироваться на учете и оценке следующих групп факторов:

#### Горно-геологических

- Геологическое строение пород, подстилающих ОП;
- Гидрогеологический режим в зоне размещения ОП;
- Характер техногенного рельефа;
- Минералогический состав и физико-химические свойства, слагающие ОП пород;
- Агрофизические и агрохимические свойства пород;
- Мощность и агрофизические свойства почвенного слоя.

#### Горнотехнических

- Качественная характеристика;
- Климатические условия;
- Географическое размещение ОП;
- Состояние техногенного ландшафта;
- Степень и интенсивность самозарастания нарушенных земель.

#### Технологических

- Технология, механизация и объемы вскрышных рекультивационных работ;
- Площадь рекультивации;
- Газовая эксплуатационная производительность основного и рекультивационного оборудования;
- Тип и количество машин.

#### Технико-экономических

- Затраты на горнотехническую и биологическую рекультивацию;
- Величина ущерба от изъятия земель;
- Доход с рекультивируемых земель;
- Ценность земель;
- Себестоимость рекультивационных работ;
- Экономическая целесообразность рекультивации ОП.

### Народно-хозяйственных

- Потребность в полезной продукции и ОП и сельхозпродукции с рекультивируемых земель;
- Перспективы развития региона;
- Хозяйственная и социальная необходимость рекультивации.

### Социально-экономических

- Расположение ближайших населенных пунктов;
- Условия жизни и деятельности населения;
- Содержание токсичных соединений в ОП;
- Степень загрязнения компонентов окружающей среды, в зоне размещения ОП (воздух, вода, почвы);
- Изменение видового состава популяций растительного и животного мира.

Восстановление земель, утративших в результате складирования отходов производства первоначальную хозяйственную ценность и являющихся источником отрицательного воздействия на окружающую природную среду должно базироваться на требованиях существующих законодательных актов, действующих нормативных и методических документов. Основными из них являются:

- Закон Республики Казахстан. «Об охране окружающей среды» от 09.01.2007 г.;

Закон Республики Казахстан «О земле» от 13.05.2021 г. № 39-VII ЗРК.

- СНиП № 1.01.001-94 – «Санитарные нормы проектирования производственных объектов»;
- СНИП № 1.01.002-94 «Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию»;
- СНИП № 1.02.011-94 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;
- СНИП № 1.06.064-94 – «Санитарные правила для предприятия по добыче и обогащению рудных и нерудных, россыпных полезных ископаемых»;
- СТ РК ГОСТ Р ИСО 14001-2000 «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению»;
- СТ РК ГОСТ Р ИСО 14031:2000 «Управление окружающей средой. Оценка экологической эффективности. Руководящие указания»;
- ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения».
- ГОСТ 17.8.1.01-86. «Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения».

- ГОСТ 17.5.1.02-85 «Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации»;
- ГОСТ 17.55.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель»;
- ГОСТ 17.5.1.01-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель»;
- ГОСТ 17.5.3.03.870 «Охрана природы. Земли. Общие требования к гидролесомелиорации»;
- ГОСТ 17.4.2.01-81 «Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния»;
- ГОСТ 17.4.2.02-83. «Охрана природы почвы. Номенклатура показателей пригодности нарушенного плодородного слоя почв для землевания»;
- РНД 03.1.03.01-96 «Порядок нормирования объемов образования и размещения отходов производства»;
- РНД 03.3.0.4.01-96 «Методические указания по определению уровня загрязнения компонентов окружающей среды токсичными веществами отходов производства и потребления»;
- РНД 03.4.0.5.01-96 «Временные методические указания по расчету экологического ущерба от сверхнормативного и несанкционированного размещения отходов (продуктов)»;
- РНД 03.4.6.02-96 «Временные методические указания по определению ущерба от деградации земель при осуществлении мелиоративных работ»;
- Инструкция по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду при разработке предплановой, предпроектной и проектной документации (Утв. приказом Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 28 февраля 2004 года № 64-п);
- Методические указания по изучению и оценке техногенных минеральных объектов (Утв. Постановлением ЭТС ГКЗ при МГ и ОН Республики Казахстан от 2 июня 1995 года, протокол № 9);
- Временные методические указания по рекультивации нарушенных земель в угольной промышленности / Пермь: ВНИИОСуголь, 1980-300 с;
- Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды (одобрена Постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума АН СССР от 21.10.1983 № 253/284/134;
- Методика определения экономической эффективности рекультивации нарушенных земель (Москва, Госагропром СССР, 1986 г.).

Восстановлению нарушенных земель должны предшествовать работы по геолого-почвенному обследованию территории, занимаемой отходами производства.

На основе этих данных оцениваются пригодность пород для биологической рекультивации, что позволяет принять решение по формированию отвальных массивов, составу и объемам рекультивационных работ и установить направление рекультивации и порядок последующего использования восстанавливаемых земель исходя из пригодности пород рекультивационного слоя.

Нарушенные земли должны быть рекультивированы преимущественно под пашню и другие сельскохозяйственные угодья.

Если рекультивация земель в сельскохозяйственных целях нецелесообразна, создаются лесонасаждения с целью увеличения лесного фонда, оздоровления окружающей среды или защиты земель от эрозии.

В условиях отсутствия почвенного слоя, холмистого рельефа, складирование непригодных к биологической рекультивации отходов производства отвальные породы сказываются не столько в изъятии земель, сколько в ухудшении состояния окружающей природной среды. Рекультивация в таких условиях должна иметь природоохранную ландшафтную направленность (санитарно-гигиеническое направление) [63]. Для складирования отходов производства, перспективных в качестве источников минерального сырья и получения другой полезной продукции техногенных месторождений, проводятся мероприятия по обеспечению сохранности их качественного состава и устранению негативного влияния на компоненты окружающей природной среды. Полный комплекс рекультивационных работ на таких объектах осуществляется после их отработки.

Технологические схемы отвалообразования на открытых горных работах и складирования отходов других производства (хвостов, шлаков и т.д.) должны предусматривать формирование оптимальных по форме накопителей отходов производства, размещаемых на наименее продуктивных землях, с учетом их объемно-качественных характеристик, рельефа местности и господствующего направления ветров, особенностей территориальной гидросистемы и расположения ближайших населенных пунктов. При этом должно обеспечиваться соблюдение соответствующих технологических и санитарных нормативов.

Формирование верхних слоев отвалов должно осуществляться преимущественно из пород, пригодных для биологической рекультивации.

По границам и на откосах отвалов с целью уменьшения влияния дефляции пород на окружающую природную среду следует высаживать быстрорастущую древесную и другую растительность.

При наличии во вскрыше токсичных и других непригодных для биологической рекультивации пород необходимо проводить селективную разработку потенциально плодородных пород и их селективное отвалообразование.

На участках предназначенных для складирования отходов производства необходимо осуществлять снятие плодородного слоя почвы и доставку его во временные склады. Временные склады почвы следует располагать на сухих местах вблизи объектов последующей рекультивации. Высота их не должна превышать 10 м, а уклон поверхности должен быть не более 0,005%. Для защиты отвалов почвы от ветровой и водной эрозии поверхность их необходимо засеивать многолетними травами. Срок хранения почвы на временных складах не должен превышать 10 лет [64].

Рекультивация нарушенных земель должна осуществляться в два последовательных этапа: технический и биологический.

Техническая рекультивация – это полный цикл восстановительных работ – от этапа подготовки и снятия плодородного слоя почвы и потенциально-плодородных пород до их нанесения на подготовленную поверхность, включая расстановку определенного типа и количества горного, транспортного и специального оборудования, увязанных с технологией вскрышных и других горных работ во времени и пространстве.

Различается два вида технической рекультивации земель, нарушенных складированием отходов производства:

1) рекультивация накопителей отходов производства не являющихся источником получения минерального сырья или другой полезной продукции;

2) Рекультивация нарушенных земель, освобожденных от отходов производства после их отработки.

Рекультивация по 1-ому виду включает следующие основные работы:

1. Подготовку участка складирования отходов производства (корчевка деревьев, срезка кустарников, уборка камней, осушение т.д.);

2. Снятие плодородного слоя почвы и потенциально-плодородных пород;

3. Погрузку и транспортирование плодородного слоя почвы и потенциально-плодородных пород на временный склад или непосредственно на рекультивируемую поверхность;

4. Грубую и чистовую планировку поверхности накопителя отходов производства;

5. Выполаживание и террасирование откосов;

6. Устройство, при необходимости, дренажных, водоотводящих и оросительных сетей;

7. Нанесение потенциально плодородных пород и плодородного слоя

почвы на спланированные поверхности и откосы накопителя отходов производства;

8. Создание экрана из капилляропрерывающих или нейтрализующих материалов при наличии в основании рекультивационного слоя токсичных пород;

9. Создание и улучшение структуры рекультивационного слоя, мелиорация токсичных пород и загрязненных почв, если невозможна их засыпка слоем потенциально плодородных пород.

Рекультивация по 2-ому виду включает 3 пункта 1-го вида рекультивации и далее:

4. Планировку (грубую и чистовую) площади, освобожденной от отходов производства;

5. Нанесение потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы на освобожденную от отходов производства и спланированную поверхность.

Покрытие поверхности почвенным слоем и потенциально плодородными породами производится не ранее, чем через 1,5-2 года на отвалах, формируемых по бестранспортной системе и не ранее, чем через 1 год на бульдозерных и экскаваторных отвалах (после их усадки).

Направление механизации рекультивационных работ выбирают конкретно для каждого предприятия в зависимости от технологии производства добычи полезных ископаемых, системы разработки объема работ, типа складываемых отходов производства. Исходя из опыта рекультивационных работ, схемы технической рекультивации систематизированы по признаку их связи с основным технологическим процессом и подразделяются на совмещенные, отдельные и комбинированные.

Для выполнения рекультивационных работ при совмещенных схемах используется только основное оборудование вскрышных или добычных работ. Это карьерные экскаваторы, средства автомобильного, железнодорожного и конвейерного транспорта, бульдозеры, скреперы, и другое горное и транспортное оборудование.

При применении отдельных схем перечень оборудования для производства работ в конкретных условиях определяется набором технологических операций по восстановлению нарушенных земель (драглайны, механические лопаты с ковшем вместимости от 0,5 до 10 м<sup>3</sup>, самоходные и прицепные скреперы, погрузчики, бульдозеры и рыхлители, автосамосвалы различной грузоподъемности и другое дорожно-строительное и транспортное оборудование). В группе комбинированных схем используются различные сочетания отдельных типов оборудования, принятого в группах отдельных и совмещенных схем.

Перечень машин для рекультивации нарушенных земель и их технические характеристики приведены в работе [65].

Биологический этап рекультивации должен производиться после полного завершения технического этапа.

При проведении биологического этапа рекультивации должны быть учтены требования к рекультивации земель по направлениям их использования.

В зависимости от категории пригодности пород, почвенных и природно-климатических условий, а также выбранного вида освоения применимы следующие способы рекультивации накопителей отходов производства:

- нанесение на рекультивируемые грунты плодородного слоя почвы или слоя лессовидных суглинков (30-120 м) с применением комплекса минеральных удобрений;
- непосредственная обработка рекультивируемых грунтов с проведением мелиоративных работ (известкование, внесение минеральных удобрений, мелиоративные севообороты);
- непосредственная обработка рекультивируемых грунтов с использованием биоактивизированных препаратов, приготовленных из бурых углей и отходов углеобогащения и активных штаммов почвенных организмов.

После завершения всего комплекса рекультивационных работ восстановленные земли и прилегающая к ним территория должны представлять собой рационально организованный и экономически сбалансированный устойчивый ландшафт.

### **1.4.3 Новые технические решения по рекультивации накопителей отходов производства**

Авторами разработаны новые технические решения по выполаживанию откосов отвалов отходов производства и формированию складов для хранения плодородных пород, обеспечивающие повышение эффективности ведения рекультивационных работ.

На способ формирования откосов отвалов вскрыши и хвостов обогащения в процессе технической рекультивации получен предварительный патент Республики Казахстан [66].

Сущность предлагаемого способа заключается в том, что перед подходом отвала к контуру пониженной части земельного отвода на проектной границе его основания на предварительно сооруженную упорную призму из скальных пород с параметрами, установленными геотехническими расчетами, отсыпают контурный предотвал высотой равной заданной подтеррасовой высоте отвала, и шириной, равной заданной ширине террасы, ширине площадки для размещения отвальных пород при выполаживании надтеррасового откоса и ширине площадки, ликвидируемой при

выполаживании подтеррасового откоса. В процессе развития отвала его соединяют с контурным предотвалом и неполаживают надтеррасовый и подтеррасовый откосы по схеме «сверху вниз». Предлагаемый способ показан на рис. 1.2, на котором изображен поперечный разрез торца отвала в конечном положении на стадии технической рекультивации.

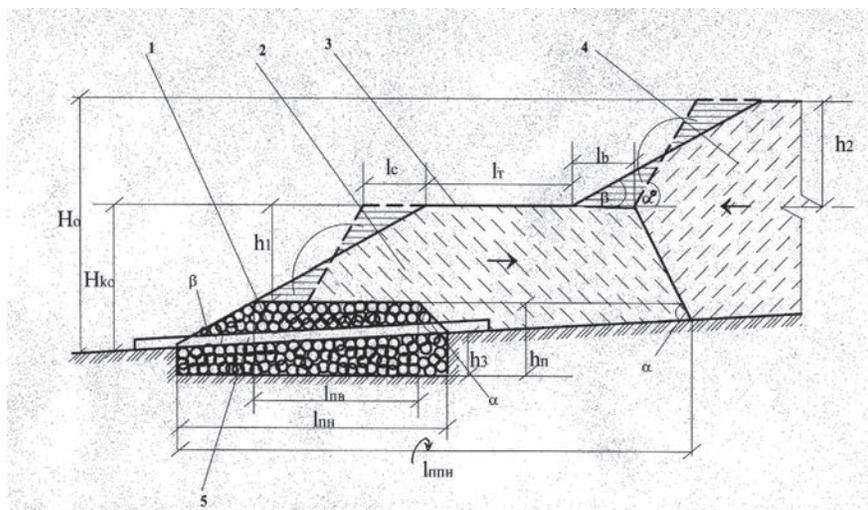


Рисунок 1.2 - Схема формирования откосов отвала

- 1 – упорная призма
- 2 – предотвал
- 3 – терраса
- 4 – отвал
- 5 – перфорированная труба для инфильтрационных вод.

Порядок выполнения работ по формированию откосов отвалов рыхлых пород на наклонном основании на стадии рекультивации с использованием контурного предотвала следующий: на границе земельного отвода отвала формируют из скальных пород заглубленную упорную призму 1 с уклоном откоса внешней стороны, равным углу неполаживания ( $\beta$ ), высотой  $h_n$  и шириной поверху ( $l_{пв}$ , установленными геотехническими расчетами; на площади упорной призмы отсыпают контурный предотвал 2 из складированных рыхлых пород высотой равной подтеррасовой высоте откоса отвала и развивают его в сторону основного отвала 4 до ширины поверху, определяемой по выражению.

$$Ш = l_t + l_c + l_b, \text{ м.},$$

где  $l_t$  – ширина заданной расчетной террасы, м;

$l_c$  – ширина площадки, ликвидируемой при неполаживании подтеррасового откоса, определяемая по формуле;

$$\ell_c = \frac{h_1}{2}(Ctg\beta - Ctg\alpha); \text{ м}$$

где  $\ell_b$  – ширина площадки для размещения отвальных пород при выполаживании надтеррасового откоса, м.

$$\ell_B = \frac{h_2}{2}(Ctg\beta - Ctg\alpha); \text{ м}$$

где  $h_1$  – высота выполаживаемого подтеррасового откоса, м;  
 $h_2$  – высота надтеррасового откоса, м;  
 $\beta$  – угол выполаживания откоса отвала, град;  
 $\alpha$  – угол откоса отвала при складировании пород, град.

В результате развития отвала 4 производят его соединение с контурным предотвалом 2 и осуществляют выполаживание надтеррасового 6 и подтеррасового 7 откосов по схеме «сверху вниз».

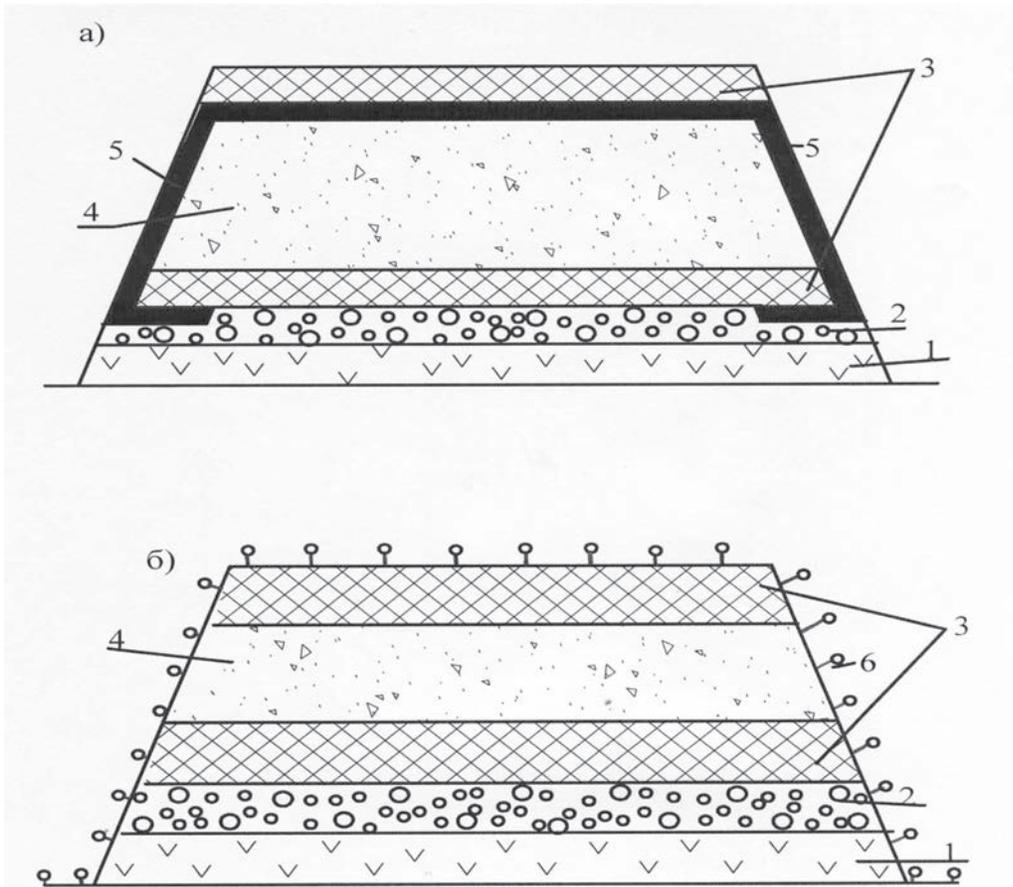
Перфорированная труба 5 служит для пропуска инфильтрационных отвальных вод.

Предлагаемый способ формирования откосов отвалов рыхлых пород на наклонном основании имеет значительные преимущества. Его использование позволяет снизить затраты на формирование откосов за счет создания террас без вторичного перемещения отвальных пород, тем самым исключив переформирование отвалов путем нарезки террас с помощью погрузочно-транспортных работ, что также повышает и безопасность работ, а устройство на пониженной торцевой части основания заглубленной упорной призмы повышает устойчивость отвала.

Эффективность рекультивации в значительной мере обеспечивается правильным складированием и хранением плодородных пород.

Нами предложен способ формирования склада для хранения плодородных пород, показанный на рисунке 1.3.

Данный способ предполагает следующую последовательность укладки слоев (снизу-вверх): вскрышные породы, потенциально-плодородные породы, почвы. Между слоев вскрышных и потенциально-плодородных пород укладывается гравий, а почвы и потенциально-плодородные породы (верхний слой) разделяются полотнищем из водонепроницаемого материала, при этом концы полотнища выводятся на откосную часть отвала и закрепляются между слоями потенциально-плодородных пород (нижний слой) и гравия (рисунок 1.3, вариант (а). Вариант (б), показанный на рисунке 1.3, предполагающий засев трав на поверхности временного склада, был бы более эффективным, в случае применения технологии на основе использования гуминового препарата.



1 - вскрышные породы; 2 – слой гравия; 3 - слой потенциально-плодородных пород; 4 – почва; 5 – полотно; 6 – посев трав.

Рисунок 1.3 - Способ укладки и хранения плодородных пород

Таким образом, предложенный способ позволяет улучшить сохранность биологической активности почвенного слоя за счет ликвидации вредных воздействий водной и ветровой эрозии и создает препятствия капиллярному подосу растворенных токсичных веществ в сохраняемые плодородные породы.

Кроме того, формирование временного склада на поверхности отвала вскрышных пород позволит уменьшить затраты и сроки рекультивационных работ на отвале за счет оставления на его поверхности необходимых слоев потенциально-плодородных пород и почвы, после отгрузки временно заскладированной почвы.

## ВЫВОДЫ

Проведен анализ современного состояния и существующего опыта использования отходов промышленных предприятий РК. Имеющийся опыт использования и оценки влияния промышленных отходов на окружающую среду свидетельствует о том, что существуют большие возможности по их эффективному и экологически безопасному освоению при условии проведения специальных научных и практических исследований.

Установлено, что значительная часть металлосодержащих отходов предприятий горно-обогатительного комплекса содержит такое количество полезных компонентов, которое представляет практический интерес с позиции их повторного извлечения. Отходы с низким содержанием полезных компонентов (за исключением токсичных) являются потенциальным сырьем для производства многих видов строительных материалов, химической продукции, а также использования для закладки выработанного пространства и в дорожном строительстве.

Анализ состояния отходов производства АО «Костанайские минералы и их воздействие на окружающую среду показали, что наибольшему влиянию подвержены атмосфера и почвенный покров. Превышения предельных норм в атмосфере на границе санитарно-защитной зоны незначительны. Основными загрязнителями почв, по которым наблюдается повышенные содержания по никелю (до 4,3 ПДК), кобальту (до 3,8 ПДК), хromу (до 2,7 ПДК) и меди (до 1,7 ПДК). Анализ динамики изменения уровня загрязнения атмосферы и почв выбросами от складированных отходов производства, позволил выявить участки наибольшего загрязнения. Это территории к западу от старых породных отвалов, (От12-От14), а также участки почв, прилегающие к северо-восточной границе хвостохранилища и южной границе действующего отвала.

Угли буроугольных месторождений Киякты и Ой-Карагай обычно недостаточно углефицированы, склонны к сильному измельчению при добыче и хранении и быстрому окислению вплоть до самовозгорания. Это приводит к тому, что значительная часть добываемого угля (иногда до 30-40 %), некондиционная по крупности, не находит сбыта и переходит в категорию отходов, увеличивая нагрузку на окружающую среду и снижая рентабельность эксплуатации месторождений. Одним из способов решения возникающих эколого-экономических проблем является брикетирование, получение различных препаратов и углещелочных реагентов (УЩР) из некондиционного по крупности угля, что позволит перевести его из отходов в категорию товарной продукции для малых предприятий.

Проведен анализ и дана оценка экологической ситуации в местах размещения золошлаков ТЭЦ АО ССГПО для которых определены их качественно - количественные параметры.

Установлено, что параметры состояния атмосферы в районе размещения золошлаков не превышают предельно допустимых значений для всех контролируемых показателей. Сравнительный анализ данных опробования подземных вод в настоящий период (2015 – 2017 годы) и прошлый период (2002-2003 годы) показывает, что количество загрязняющих веществ имеющих превышения ПДК выросло с двух в прошлом периоде (марганец и бор) до пяти в настоящем (марганец, бор, никель, железо общее и азот аммонийный). При этом средние содержания увеличились с прошлого по настоящий периоды по марганцу в 2,5 раза, бору – 1,5 раза, по общему железу – 2,7 раза и азоту аммонийному – 4 раза. Характер изменения концентраций загрязняющих веществ в рассмотренные временные периоды носит неравномерный характер и не имеет, явно выраженной, закономерности. Анализ показывает, что влияние золоотвалов ТЭЦ на почвы характеризуется незначительным превышением ПДК практически по всем наблюдаемым элементам-загрязнителям, за исключением висмута и кобальта, свидетельствует о незначительной роли золоотвала в изменении почв, воздействие которого не распространяется за пределы санитарно-защитной зоны.

Установлен порядок обеспечения информационной базы геоэкологической оценки различных видов накопителей отходов производства, базирующихся на использовании данных горно-экологического мониторинга. Рассмотрены основные методы и технические средства осуществления контроля состояния окружающей среды

Дано методическое обоснование рекультивации техногенных минеральных образований. Проведена группировка факторов, влияющих на эффективность проведения рекультивации отходов, позволяющая определить направление и оптимальный способ ведения рекультивационных работ. Разработаны основные требования к проведению рекультивации ТМО и дан перечень основных работ для различных видов технической рекультивации, нарушенных ими земель.

Разработанные технические решения по складированию потенциально плодородных пород и формированию откосов отвалов пород вскрыши и хвостов обогащения позволяют снизить затраты и сократить сроки технического этапа рекультивации, а также повысить качество и безопасность проведения рекультивационных работ.

## **ГЛАВА II. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД**

### **2.1 Использование отходов горнодобывающих производств для получения различных строительных материалов**

Геохимическая особенность многих месторождений Казахстана заключается в том, что они содержат рудные и нерудные породы, представляющие интерес для использования в смежных отраслях. Промышленность строительных материалов располагает большими резервами экономии, которые могут быть реализованы за счет привлечения отходов производства горно-рудных предприятий для замены ими специально добываемого сырья.

Огромные масштабы строительства в Казахстане требуют значительного количества минерального сырья для индустрии строительных материалов. Интенсификация в данном направлении сопряжена с использованием промышленных отходов взамен первичных природных ресурсов с целью удешевления стройматериалов.

Использование в индустрии строительных материалов твердых отходов горнорудного производства является более экономичным по сравнению с производством стройматериалов на базе специальной добычи минерального сырья. Выявление сырьевых ресурсов, пригодных для использования в производстве дефицитных строительных материалов существенно пополнят сырьевую базу.

Вскрышные и вмещающие породы представляют собой наиболее крупный источник сырья для производства нерудных строительных материалов, несмотря на то, что более 80% вынимаемой горной массы пригодно лишь для заполнения выработанных пространств, строительства временных дорог и других неотчетственных сооружений.

Отходы обогащения, как правило, более удобны для использования в производстве нерудных строительных материалов, чем вскрышные и вмещающие породы, поскольку они, во-первых, более однородны, во-вторых, представляют собой уже дробленный, а иногда и фракционированный материал.

Отходы обогащения крупностью зерен 0,14-5,0 мм используются в качестве заполнителя для приготовления тяжелого бетона, строительных растворов, плотных ячеистых автоклавных и безавтоклавных силикатных бетонов, асфальтобетонов, для получения силикатного кирпича и устройства оснований дорог. Тонкодисперсная часть отходов (менее 0,14

мм) может быть использована для получения силикатных материалов (кирпич, газосиликатные блоки и т.д.).

В Казахстане накоплен некоторый опыт применения отходов цветной металлургии, а именно шламов при производстве железобетонных изделий.

На Павлодарском алюминиевом заводе разработана технология по извлечению из низкосортных бокситов до 85-90% глинозема. Исследование шламов Павлодарского алюминиевого завода показало, что эти отходы можно эффективно использовать в качестве вяжущих компонентов в бетонах, активированных известью и гипсом, с добавками доменных и фосфатных шлаков, золы и песка. Установлено также, что шламы могут применяться в качестве силикатного автоклавного материала для изготовления силикатного кирпича, ячеистого бетона, в качестве минерального порошка для приготовления асфальтобетонных смесей. Исследования ученых Петербурга показали возможность использования шламов как сырьевого компонента для производства портландцемента. Возможно применение шламов в качестве флюса при выплавке чугуна.

Результаты исследования, проведенные многими институтами России показывают, что основная масса нерудных минералов, попутно добываемых совместно с рудными может быть использована в качестве строительного материала. Так нефелиновый шлам - побочный продукт (отходы) при производстве глинозема, на протяжении многих лет используется в промышленности строительных материалов. В результате совместного помола нефелинового шлама с портландцементным клинкером и гипсом получают высококачественные цементы марок 200,300,400,500 и 550. Кроме цементного производства нефелиновый шлам может применяться в производстве кирпича, блоков, плит, в дорожном строительстве, при производстве вяжущего для асфальтобетона, огнеупоров, ситталов, при изготовлении цветного стекла [67-70].

Изучение опыта использования отходов горнорудного производства показало, что в качестве сырья применяются в основном минеральные материалы которые можно разделить на 3 основные группы [61-65]:

- кремнеземистые материалы, содержание более 50%  $\text{SiO}_2$ ;
- известковые материалы, содержание более 50%  $\text{CaO}$ ;
- известково-кремнеземистые материалы, содержащие от 20 до 50%  $\text{CaO}$  и 20-50%  $\text{SiO}_2$ .

Утилизация техногенного сырья эффективна, но при этом следует учитывать, что она требует тщательного изучения качества отходов, его соответствия требованиям государственных, отраслевых стандартов и технических условий. Для реализации проектов использования отходов необходимы значительные капитальные затраты.

Получение высококачественной, экономически выгодной и экологически безопасной продукции является основным направлением современной индустрии строительных материалов в Казахстане.

Сфера использования этих отходов в значительной степени определяется их минералогическим составом. Состав отходов горнорудного производства определяет пути целесообразного их использования и создает предпосылки для развития сырьевой базы нерудных материалов.

Минерально - сырьевая база промышленности строительных материалов насчитывает 500 наименований нерудного сырья. С каждым годом отмечается рост потребности в строительных материалах, который составляет в среднем 10%. Однако потребности строительной отрасли не в полной мере удовлетворяются по объему, номенклатуре и качеству продукции. Использование промышленных отходов, многие из которых по своему составу удовлетворяют предъявляемым требованиям к стройматериалам позволяют покрыть до 40% потребности в сырьевых ресурсах. Кроме того, использование отходов различных производств, в том числе горного и обогатительного позволит на 10-30% снизить себестоимость строительных материалов по сравнению с их производством из природного сырья за счет уменьшения затрат на энергоносители, рабочую силу, оборудование и транспорт. Удельный вес транспортных расходов в цене реализации продукции при поставке на значительные расстояния достигает 55-65%.

Анализ производства последних лет показывает, что практически по всем видам строительных материалов отмечается устойчивый рост продукции. Ежегодный прирост выпуска строительных материалов в Республике составляет 24,4%. Производство цемента в последние годы неуклонно растет. Общая потребность в цементной продукции на период 2005-2013 годы увеличилась с 6,2 до 10,5 млн. тонн. Согласно расчетам, на период до 2015 года сохранится высокий потенциал рынка строительных материалов в Республике Казахстан.

Как в мире, так и в Казахстане имеется опыт использования отходов горно-добывающих производств с целью снижения расхода цемента. Приведены исследования по получению строительного раствора с использованием шлама титаномагниевого производства, представленного карбонатами Fe, Ti, Al, Cr, Mg, V.

С 2000 г в Московском государственном горном университете проводятся исследовательские работы, оценивающие возможность использования отходов горного производства для закладки выработанного пространства при подземной разработке рудных месторождений.

Анализ полученных данных показывает, что не существует хвостов обогащения, которые не могли бы использоваться в закладке, в качестве инертного заполнителя или вяжущего.

Магнезиальное вяжущее получено из отходов обогащения полиметаллических руд АО «Ачполиметал». Авторами показана возможность многовариантного использования техногенного сырья для производства строительных материалов с учетом его гранулометрического, химического и минералогического состава.

Доменные шлаки АО «Арселор Миттал Темиртау» с повышенным содержанием глинозема обладают высокой гидравлической активностью по сравнению с природными инертными материалами, что позволяет их использовать как самоцементирующийся материал пролонгированного действия. Отдельные фракции этих шлаков без дополнительной переработки или в качестве основного компонента вяжущих могут быть использованы для устройства монолитных оснований и покрытий дорог.

В высокоразвитых странах отходы, металлургических производств используются практически полностью (таблица 2.1).

Таблица 2.1- Образование и использование твердых отходов в различных странах

Наименование	Австрия		Германия		Япония		США		Индия		Казахстан	
	Образование	Использование, %										
Доменный шлак, кг/т чугуна.	250-332	94-100	255	100	284-342	92-100	175-290	100	340-421	30-50	410	33,3
Пыль, шлак домен.печей, кг/т чугуна.	6-28	80	1,5	100	9-27	100	14-17	20-40	28	0	17,4	60
Конвертерный шлак, кг/т ст.	135-187	80-100	103	96	96-155	90-100	70-170	60-100	200	25	140	3
Конвертерный шлак, кг/т ст.	10-24	25	18	100	15-55	100	15-40	30	15	0	15,7	0
Окалина прокатных цехов, кг/т ст.	15	100	17,5	100	35	100	6-20	100	22	100	31,2	100
Шлам прокатных цехов, кг/т ст.	3-6	50	3,5	100	2-10	100	1,1	0	12	10	12,3	100
Отработанные огнеуп., кг/тст.	3	0	Нет св.	Нет св.	2,7	100	5-50	0	11,6	40	7,3	9,8

Известна технология производства теплоизоляционных материалов с применением отходов обогащения асбеста. Отличительной особенностью полученных материалов является то, что при вспучивании и дальнейшем твердении дисперсные асбестовые отходы в сочетании с портландцементом, жидким стеклом и доменным шлаком образуют стекловидную оболочку, которая может быть использована как при положительных, так и отрицательных температурах. Монолитная оболочка имеет высокую адгезию к волокнисто-пористому изделию и повышает прочность армируемых волокон.

Вскрышные породы Донского горно-обогатительного комбината и отходы обогащения хромитовых руд содержат до 40% окиси магния, что позволяет производить декоративный строительный материал. Скальные породы вскрыши пригодны для производства строительного фракционного щебня, который может покрыть весь дефицит Западного Казахстана.

Приведенные данные по получению строительных материалов из отходов горнодобывающих производств показывают, что научные исследования по разработке новых материалов из техногенного минерального сырья позволяют получать высокоэффективные результаты. Это свидетельствует о том, что прогресс в строительстве невозможен без создания новых строительных материалов с использованием техногенных отходов, обладающих уникальными, техническими свойствами и низкой себестоимостью.

Высоким спросом на рынке строительных материалов в настоящее время пользуются сухие строительные смеси. Сухие смеси в отличие от традиционно приготовленных растворов и бетонов доставляются на объекты строительства в сухом виде и смешиваются с водой непосредственно перед использованием.

Однако свойства сухой смеси зависят не только от модифицирующей добавки, но и заполнителя – местного сырья, а возможность ее применения будет зависеть от совместимости с другими материалами.

В настоящее время в Казахстане производством сухих смесей занимаются 13 компаний. Большая часть выпуска, по данным генерального директора компании «Строительная информация» Е. Ботки, приходится на цементные смеси 61 %, 33 % приходится на гипсовые составы и 6% на полимерные. Динамика изменения объемов производства сухих смесей показана на рисунке 2.1.

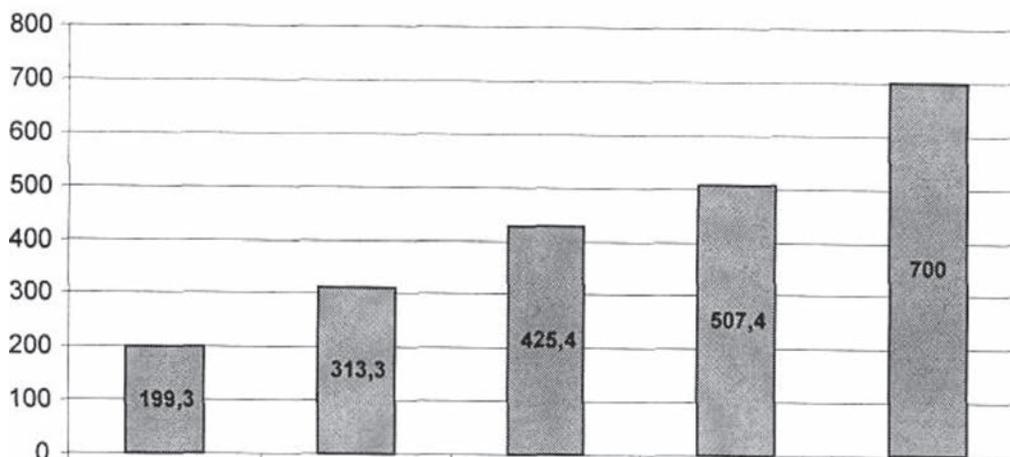


Рисунок 2.1 - Объемы производства ССС в Казахстане, в тыс. тонн

Импорт сухих смесей составляет не более 10% и главным образом из России. Современное производство сухих смесей базируется на традиционных материальных заполнителях. Использование техногенных отходов горнодобывающих производств может вывести технические показатели строительных материалов на новый уровень. Организация производства новых строительных материалов в перспективе позволит изменить не только номенклатуру строительной индустрии Республики, но и структуру экспорта национальной экономики.

В третьем тысячелетии остро встал вопрос об утилизации техногенных образований и снижении экологической напряженности в промышленных регионах Мира. В связи с этим, в России и за рубежом разрабатывается природоохранная концепция о необходимости постепенного запрета добычи сырья для строительных материалов на специально для этого организованных горных предприятиях. Вероятно, именно в третьем тысячелетии, все техногенные минеральные образования будут вовлечены в производство строительных материалов.

Появление, в настоящее время, новых модифицирующих добавок и технологий позволяет широко использовать сухие смеси при разработке новых технологий ведения строительных работ. Эти материалы производятся на основе вяжущих веществ с модифицирующими добавками, а в некоторых случаях - с зернистыми и армирующими наполнителями и пигментами. В качестве заполнителя могут быть использованы строительные пески, мраморная крошка, молотый известняк, минеральные или органические волокна, металлическая фибра. Свойства получаемый смеси зависят от модифицирующих добавок, количество которых в смеси может достигать десяти и более, причем некоторые занимают ничтожно малый процент от объема.

В настоящее время одним из главных факторов формирования конкурентоспособной отрасли являются инновации, внедрение новых научных разработок в производство. Опыт развитых стран, показывает, что одной из эффективных мер развития отрасли является привлечение в промышленное производство научно-технических достижений.

## 2.2 Качественная характеристика хвостов обогащения руд и обоснование состава шихты для получения новых композиционных материалов

### 2.2.1 Определение качественных характеристик хвостов обогащения некоторых горно-добывающих предприятий

Анализ результатов исследований показал, что наиболее перспективными для проведения исследований по разработке конкурентоспособной технологии получения стройматериалов являются текущие хвосты обогащения медных руд Жезказганского месторождения и полиметаллических руд АО «Ачполиметал».

Анализ представленных данных по горнодобывающим предприятиями Казахстана показал, что хвосты обогащения руд по запасам в основном превышают запасы отвалов пород. Необходимость вовлечения хвостов обогащения в производство диктуется еще и тем обстоятельством, что хвосты обогащения представлены тонкодисперсной массой, которая создает существенную угрозу пылевыбросов и последующего загрязнения элементов окружающей среды: атмосферы, почвы, поверхностных источников воды.

В связи с этим нами было выбрано направление исследований по разработке технологии получения строительных материалов из хвостов обогащения медных, марганцевых, свинцово-цинковых, хризотиласбестовых и хромитовых руд. Для этого были отобраны пробы с хвостохранилищ, определен их химический, минералогический, гранулометрический состав. Результаты проведенных анализов представлены в таблицах 2.2 - 2.7.

Таблица 2.2 - Химический состав хвостов обогащения медных руд АО «Жезказганцветмет»

Наименование проб	Содержание компонентов, %							
	Cu	Pb	Zn	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>общ</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	S
Хвост ОФ №1	0,08	0,03	0,03	71,94	2,3	11,8	4,1	<0,10
Хвост ОФ №2	0,11	0,03	0,02	69,32	2,9	11,9	4,9	0,11

Таблица 2.3 - Химический состав хвостов обогащения марганцевых руд

Наименование проб	Содержание компонентов, %								
	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	CaO	MgO	MnO	$P_2O_5$	$K_2O$	$Na_2O$
лежалые хвосты ОФ	58,41	12,7	3,26	1,86	1,4	10,7	0,32	6,45	4,9

Таблица 2.4 - Гранулометрический состав хвостов обогащения марганцевых руд.

Состав хвостов по классам, %						
-0,074мм	+0,074мм	+0,2 мм	-0,5 мм	+0,5 мм	+0,0 мм	+2,0 мм
22,0-25,6	17,1-48,1	9,5-19,1	16,8-29,4	1,55	9,3	1,55

*Физико-механические свойства:*

Крепость по шкале Протодяконова -  $6 \div 14$ ;

насыпная плотность -  $2,9 \div 3,0$ ;

влажность, % - 6,0.

*Минералогический состав хвостов обогащения марганцевых руд:* кварц-полевошпаты, лейкоксен, мусковит, хлорит, серицитизированные плагиоклазы, гидрокислы марганца и др.

Таблица 2.5 - Химический состав хвостов обогащения хромитовых руд Донского ГОКа

Наименование проб	Содержание компонентов, %							
	$Cr_2O_3$	$SiO_2$	MgO	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$K_2O$	CaO	S
шламовые хвосты	12,0	29,6	30,0	20,8	6,2	1,0	0,37	0,04
кусковые отходы обогащения	14,0	29,6	40,0	9,0	6,0	1,0	0,37	0,06

*Минералогический состав кусковых и шламовых хвостов* представлен серпентинитом, магнезитом, доломитом, кальцитом, брейнеритом, кварцем, тальком, хризотилом, магнохрамитом и др.

*Физико-механические свойства отходов обогащения хромитовых руд:*

Крепость по шкале Протодяконова - 5,7;

насыпная плотность -  $1,5 \div 1,55$ .

Таблица 2.6 - Химический состав хвостов обогащения свинцово-цинковой руды Карагайлинского ГОКа

Наименование пробы	Содержание компонентов, %				
	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$BaSO_4$	Zn	Pb
хвосты обогащения	30-70	3-8	20-40	0,5-0,8	0,3-0,5

Физическое состояние: мелкодисперсный материал

Минералогический состав: кварц, барит, полево шпат, пирит.

Таблица 2.7- Химический состав отходов обогащения хризотил-асбестовых руд. АО «Костанайские минералы»

Наименование проб	Содержание компонентов, в %						
	$SiO_2$	MgO	$Fe_2O_3$	CaO	$Al_2O_3$	FeO	$Cr_2O_3$
Хвосты	37,0	39,06	1,91	-1,09	0,82	-0,93	-0,3
обогащения	-40,96	-41,56	-5,43	1,56	-1,42	2,73	0,4

*Физико-механические свойства:*

Отходы обогащения представляют собой сухой дробленый материал с содержанием фракции +5,0 мм около 15%.

Сравнительный анализ отобранных проб с вышеперечисленных месторождений показал, что все отходы обогащения представляют собой высоко кремнистый материал. Содержание кремнезема от 30 до 70 %. Повышенные содержания MgO (в пределах 30-40%) характерны для отходов обогащения хромитовых и хризотил-асбестовых руд.

Содержание основных компонентов марганца, хрома, свинца и цинка в представленных пробах Донского, Жездинского и Карагайлинского достаточно велико 10% Mn, 12%  $Cr_2O_3$ , 0,3% Pb и 0,8% Zn, что является сдерживающим фактором для использования их в производстве строительных материалов.

Текущие хвосты Жезказганских обогатительных фабрик №№ 1 и 2 содержат ценные компоненты в количестве сотых долей процента и их доизвлечение экономически нецелесообразно. Лежалые хвосты обогащения медных руд, по данным ДГП ГНПОПЭ “Казмеханобр”, следует считать техногенным сырьем - дополнительным источником получения медного концентрата. На основании результатов проведенных исследований авторы подсчитали, что из 100 тыс.т хвостов в год можно получить 140 т меди, 149 кг рения и 11т серебра, при содержании в лежалых хвостах меди - 0,24 %, рения - 0,5г/т, серебра 3÷4г/т.

В связи с этим наиболее перспективными для проведения исследований по разработке конкурентоспособной технологии получения строительных материалов являются текущие хвосты обогащения медных руд Жезказганского месторождения и хризотил-асбестовых руд АО «Костанайские минералы».

### **2.2.2 Обоснование состава шихты с учетом адгезионных и аутогезионных свойств модифицирующих добавок для получения новых композиций закладочных и других строительных материалов**

Стремление к росту производительности труда в строительстве привело к созданию производств по выпуску цементно-песчаной сухой смеси. Она пригодна для кладки и штукатурки при нанесении слоями толще 10-20 мм. При разработке составов сухих смесей следует учитывать положение, что цемент как минеральное вяжущее хорошо работает на сжатие, а кварцевый песок с правильно подобранным ситовым составом оптимально дополняет это свойство. Однако цементно-песчаный раствор обладает рядом недостатков - наблюдается унос воды из раствора, ее испарение и сопротивление усилиям растяжения и изгиба. Введение модифицирующих добавок различного состава позволяет ликвидировать эти недостатки и обеспечить более полную гидратацию, особенно на границе с основой и атмосферой. Тогда при отверждении раствор набирает большую прочность как при сжатии, так и при изгибе.

Важное значение имеет ситовая характеристика наполнителя, при которой обеспечивается плотная упаковка при сохранении паропроницаемости.

Растворы для тонкослойного нанесения должны содержать зерна крупностью до 0,6 мм. Размер частиц до 0,1 мм характерен для гладких растворов, как шпаклевки и расшивочной массы. Чем тоньше наполнитель, тем больше его удельная поверхность. Следовательно для достижения требуемой пластичности (подвижности) смеси с тонкими наполнителями требуется больше воды, повышенного расхода как минерального, так и полимерного вяжущего. Нарушение соотношения мелких и крупных фракций ведет к образованию пустот и не обеспечивает достаточный фиксирующей способности.

Твердение цементной матрицы является решающим процессом для достижения механических показателей. Если раствор обеднен частицами наполнителя класса крупности 30-100 мкм, то цементный гель частично создает не кристаллические, а аморфные, рыхлые образования, не сравнимые по прочности с цементным камнем.

Если для заполнения пустот в зоне  $< 100$  мкм вводится слишком тонкий наполнитель, то он создает конкуренцию цементу, мешает расти его прочным кристаллам.

Крупные фракции в соответствии с ГОСТ 28013-98 «Растворы строительные. Общие технические условия» должны быть в пределах 2,5-1,25 мм. Форма самого крупного зерна должна быть круглая.

Прочность, плотность (водопроницаемость), долговечность - важнейшие показатели отвердевшего цементного камня. Если наполнители не пористые, имеют достаточную прочность и плотную упаковку, то прочность и плотность минеральной композиции зависят от свойств цемента.

Исследование кинетики твердения и прочности цементно-песчаных растворов проведенное авторами на отходах обогащения руд цветных металлов Жезказганского, Ащысайского месторождения показало, что прочность твердеющего материала зависит от его минерального состава и связана с процессами взаимодействия тонкодисперсной части отходов с клинкерными минералами. Кроме того, эти показатели зависят от адсорбционной и адгезионной активности материалов, смачиваемости. Взаимодействие зерен хвостов обогащения с цементным раствором определяется строением кристаллов, микрорельефом их поверхности пористостью и гидрофильностью или гидрофобностью зерен. Для гладких и гидрофобных поверхностей характерно резкое падение сцепления камня вяжущего с зернами заполнителя и микрозаполнителя. На шероховатых и гидрофильных поверхностях проявляется эпитактическое срастание новообразований цементного камня с контактными слоями заполнителя.

Прочность, образующейся в процессе твердения смеси зависит также от прочности используемого заполнителя и сцепления камня вяжущего с зернами заполнителя. Зависимость прочности бетона от минералогического состава породного заполнителя приведены по данным в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Прочность бетона на разных породных заполнителях

Порода заполнителя	Прочность на сжатие, МПа %	Прочность на растяжение, МПа %	Прочность* на сжатие, МПа %	Прочность* на растяжение, МПа %
Базальт	76,6/100	10,0/100	42,0/67,6	7,5/78,9
Пироксенит	69,7/91	9,2/92	62,1/100	6,8/92,6
Мрамор	66,2/86,4	9,3/93	47,4/76,3	8,9/93,7
Гранит	55,6/72,6	8,3/83	51,6/83,1	7,8/82,1
Роговая обманка (амфиболит)	49,3/64,3	8,9/89	39,3/63,3	7,5/78,9
Оливинит (дунит)	44,1/57,6	8,7/87	41,6/67,0	9,5/100
Примечание.* Прочность бетона, твердеющего при температуре +80°C в режиме (4+6+2) ч.				

Для выяснения причин столь заметного изменения прочности бетонов необходимо остановиться на характерных особенностях горных пород, используемых в качестве заполнителей.

Базальты относятся к основным эффузивным породам с широко изменяемым спектром содержания входящих в них минералов, основного плагиоклаза, пироксена, оливина и вулканического стекла. Наиболее характерной чертой базальтовых пород является присутствие в них стекловидной фазы с разной степенью раскристаллизации, широкий диапазон пористости (от 2 до 50%), высокая прочность.

Граниты относятся к интрузивным кислым магматическим породам, состоящим из кварца, полевых шпатов и слюды, прошедших в отличие от базальтов стадию полной раскристаллизации, что придает им характерную зернистую структуру.

Пироксениты, а также оливин являются кристаллическими пороодообразующими минералами ультраосновных пород класса первичных силикатов, характеризующихся разнообразной кристаллической структурой, определяющей их спайность, наличием закисного железа, подверженного переходу в окисную форму с разрушением решетки, анизотропию свойств.

Наименее активны полевые шпаты, несколько выше активность у нефелина, очень активны анальцит и цеолиты.

Заполнители с преобладанием аморфных алюмосиликатных фаз превалируют в вулканических эффузивных породах, природных и искусственных пористых заполнителях, гранулированных шлаках, топливных золах, отходах керамической промышленности. Низкокальциевые аморфные фазы гидратируются, а в последующем и гидролизуются в щелочной среде.

Наибольшую гидравлическую активность имеет дегидратированное глинистое вещество типа метакаолинита, характеризующееся высокой удельной поверхностью и увеличенной водопотребностью. Уменьшение удельной поверхности в результате спекания и плавления приводит к снижению активности заполнителя.

Исследования микропрочности образцов бетона, проведенные С.В. Шестоперовым и Б.Н. Виноградовым, свидетельствуют о том, что адгезия цементного камня дает наибольший эффект при использовании карбонатного заполнителя. В связи с этим, даже при сравнительно невысокой прочности карбонатных пород (20-60 МПа), прочность такого бетона зачастую вполне сопоставима с прочностью бетонов на высокопрочных заполнителях.

При взаимодействии поверхности кварцевого зерна с цементным камнем образуется контактный слой толщиной до 100 мкм с измененными

характеристиками структуры и свойств. В процессе гидратации вяжущего микротвердость контактной зоны со стороны кварцевого зерна снижается, а микротвердость контактной зоны, примыкающей к цементному камню, повышается. При одноосном нагружении бетон разрушается за счет растягивающих напряжений, действующих в плоскости, нормальной к действию сжимающей нагрузки. Именно поэтому прочность бетона определяется величиной адгезии цементного камня к поверхности заполнителя. Измерения адгезии кварца с цементным камнем на образцах-восьмерках с площадью шейки 4 см<sup>2</sup> дают результат в пределах от 0,6 до 1 МПа. Когезия же цементного камня в этих опытах достигала уровня 3-4,5 МПа. В исследованиях З.М. Ларионовой и других оценка адгезии цементного камня к поверхностям кварца и полевого шпата составила, в среднем, 1 МПа, к поверхности мрамора - 1,5 МПа, когезия для цементного камня достигала уровня 4-4,5 МПа.

Экспериментальные данные Э.Р. Пинуса показывают, что микротвердость цементного камня на границе с зерном кварцевого заполнителя достигает 2300 МПа, а по мере удаления от границы снижается до 400-450 МПа. В то же время, на поверхности зерен заполнителя возникает контактная зона толщиной до 60 мкм с уменьшенной на 17 % микротвердостью, по сравнению с центральной неизменной частью зерна породы.

В то же время, у менее активных минералов из группы полевых шпатов (микроклина и лабрадора) микротвердость контактной зоны практически не меняется.

Заполнители из кристаллических силикатов кальция и магния - оливины, перидотиты, пироксениты, серпентиниты, хризотил-асбест не проявляют активности при твердении. Толщина измененной поверхности не превышает 1-2 мкм, и ее влияние на свойства контактной поверхности отсутствует.

Весьма отрицательно влияет присутствие в заполнителе примесей глинистых минералов и гидроокислов железа. В том случае, когда эти примеси имеют характер пленок на поверхности зерен, они ухудшают сцепление цементного камня с заполнителем, если же они присутствуют в тонкой фракции заполнителя, то они уменьшают когезию (прочность) цементного камня. Если примеси образуют плотную пленку на поверхности зерен, то ее предварительно нужно разрыхлить механически, либо растворить с помощью химической добавки, например, щелочным или кислотным растворами.

Как отмечено Б.Н. Виноградовым величина сцепления заполнителя с цементным камнем зависит от формы и рельефа поверхности заполнителя. Эта величина возрастает при переходе от круглой и кубической формы к неправильным формам и при развитии рельефа поверхности. При

максимально развитом рельефе поверхности заполнителя прочность сцепления может многократно возрастать. Из приведенных литературных данных следует, что важнейшим требованием, предъявляемым к строительным материалам является плотность упаковки, что определяется гранулометрическим составом смеси.

При введении в смесь воды происходят сложнейшие физико-химические процессы, которые определяются и поверхностным натяжением воды и ее водородными связями. Полярные электрические взаимодействия определяют и адсорбцию и адгезию воды по отношению к твердой частице: чем меньше твердая частица, тем тоньше и прочнее водная адсорбционная оболочка и выше клеящая способность.

Результаты исследования гранулометрического и минералогического состава хвостов обогащения Жезказганской обогатительной фабрики и хвостов обогащения полиметаллических руд Миргалимсайского месторождения приведены в таблице 2.10 и 2.11.

Гранулометрический и минералогический состав показал возможность использования этого техногенного сырья в качестве исходного материала для получения шихты различного состава и назначения, так как именно зерна карбонатных минералов (кальцита и доломита) и поверхность чистого кварца и полевого шпата обеспечивают высокопрочные связи с клинкером.

Кроме этого, как показали исследования тонкодисперсные частицы карбонатов служат центром кристаллизации подложкой для новообразований: при этом, чем выше ориентация нарастающих кристаллов продуктов твердения на поверхности подложки, тем больше прочность цементного камня и бетона; взаимная эпитакция растущих кристаллов цементирующих веществ и подложки возможна при соблюдении правила Руайе; критерием срастания ионных кристаллов может быть формула:

$$\Delta = (a_1 - a_2) / a_1,$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – параметры решеток в плоскости срастания;

при этом абсолютное значение  $\Delta$ , как известно, не должно превышать  $\pm 15\%$ .

Исследование вещественного состава используемых в качестве компонента строительного материала миргалимсайских хвостов показало, что они на 90% состоят из кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) и доломита ( $\text{MgCO}_3$ ), дополнительно содержат 5% кварца ( $\text{SiO}_2$ ) и 5% барита ( $\text{BaSO}_4$ ). Жезказганские хвосты на 42% состоят из полевых шпатов, а также содержат 21% кварца, 10% хлорита и серицита, 22% аргиллита ( $\text{Al}[\text{OH}]_3$ ), 5% кальцита и доломита.

Таблица 2.9 – Гранулометрический состав текущих хвостов обогащения Жезказганской ОФ

Содержание класса мм, %						Средний размер зерна
+0,200	0,150	+0,105	+0,074	+0,043	-0,043	
3,7	16,0	38,2	22,1	20,0	0,0	0,119
3,5	14,5	34,9	20,1	18,0	9,0	0,114
2,3	9,7	23	13,5	12,1	39,0	0,092

Таблица 2.10 – Гранулометрический состав хвостов обогащения полиметаллических руд АО «Ащисайполиметалл»

Содержание класса мм, %						
0,200	+0,105	+0,105	+0,074	+0,043	+0,020	
4,2	7,0	9,5	18,0	17,8	17,8	0,014
4,0	7,2	9,0	18,5	17,8	17,8	25,7
						25,7

Для получения сухих смесей для теплоизоляционных и автоклавных материалов могут быть использованы отходы обогащения асбестовых пород Житикаринского месторождения. При обогащении асбестосодержащих пород извлекается только 8 % сортового асбеста, а остальные 92 % является отходами, представляющими собой силикатно-магниево сырье [71].

Отходы обогащения асбестовых руд (хвосты) представляют собой сухой дробленый материал с содержанием фракции 0÷+2,0 - 85 % , -2÷+ 10,0 -10%, -10,0÷+5,0- 5 % и свободного асбеста 0,3-0,8 % и 1,5-2,0 % воды, которая прочно удерживается в массе отходов силами сцепления и не может мигрировать.

Химический состав хвостов обогащения по основным компонентам следующий, %: SiO<sub>2</sub>-37,00÷40,96, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 1,91÷5,43, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -0,82÷1,42, MgO -39,06÷41,56, CaO -1,09÷1,56, FeO - 0,93÷2,73.

Хвосты содержат также в незначительных количествах MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, CoO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O – до 0,32 %, золото, серебро, платиноиды. Остаточная влага соавтляет –до 1,5 % и свободный асбест – до 0,3%.

Следует отметить, что в процессе добычи и обогащения не происходит никаких изменений первичного химического состава пород. Никакие реактивы и другие химические вещества или компоненты при этом не применяются отсутствуют также температурные или иные воздействия на первичные горные породы, которые могли бы изменить их химический состав. Поэтому эти отходы можно рассматривать как основной компонент при разработка составов сухих смесей.

Основные процессы формирования свойств строительных растворов определяются взаимодействиями в системе «минеральное вяжущее -

заполнитель – вода [72], но введение в такую систему неорганических и органических модифицирующих добавок позволяет изменять практически все характеристики материала и получать строительные растворы с заданными свойствами, предназначенные для применения в различных, включая экстремальные, условиях. Применение модифицирующих добавок в составах сухих строительных растворных смесей позволяет изменять в широких пределах их технологические свойства. Номенклатура таких добавок на сегодняшний день велика: к ним относятся поверхностно активные вещества (ПАВ), водорастворимые полимеры, водные дисперсии полимеров, добавки - электролиты и др. [80].

Гидрофобизирующие добавки марки ОМД и КОМД-С проявляют эффект синергизма на стадиях приготовления бетонной смеси и твердения в направлении повышения удобоукладываемости и прочности бетона. Эти добавки относятся к модификаторам пролонгированного действия, но не позволяют получать бетон высокой плотности. Остаются поры, способные к дальнейшему дроблению, микродефекты в зоне контакта «цементный камень-заполнитель». Эти недостатки отрицательно влияют на прочность, массоперенос и долговечность материала в целом.

Решение поставленных задач заключается в применении многокомпонентных органоминеральных модификаторов, которые могут на макро-, микро-, наноуровнях активно влиять на формирование качественной структуры цементного камня, обеспечивать высокие показатели прочности, плотности, проницаемости, морозостойкости и других эксплуатационных характеристик стройматериалов.

В качестве гидрофобизирующего ингредиента применяются кубовые остатки синтетических жирных кислот (КОСЖК) и синтетические жирные кислоты (СЖК), получаемые окислением парафина.

В качестве пластифицирующего ингредиента применяют технические лигносульфонаты (ЛСТ). Лигносульфонаты содействуют образованию микропористости:

К гидрофобизирующим добавкам следует отнести сульфитно-спиртовую барду (ССБ), которая увеличивает подвижность цементных растворов и бетонов и повышает водонепроницаемость бетона.

Модификатор ОМД-МС улучшает реологию цементных паст, цементного клея, бетонных смесей и бетона. Бетонные смеси с модификатором ОМД-МС имеют почти вдвое меньшее водоотделение, чем смеси без добавки, обладают лучшей устойчивостью к расслаиванию.

Синтетические жирные кислоты обеспечивают формирование микропористости, снижают разрушительное действие коррозии на цементный камень, усиливают процессы самозалечивания цементного камня, склеивая продукты гидратации при взаимодействии воды с клинкером.

Тилоза (эферы целлюлозы) применяются в строительных смесях как водоудерживающий агент. Благодаря специальным модификациям структуры полимера и вспомогательным добавкам тилоза оказывает влияние практически на все основные свойства строительных смесей (адгезию к поверхности нанесения, улучшение консистенции, понижение поверхностного натяжения раствора) .

Мовилит (поливинилацетат) – полифункциональный дисперсный порошок, применяемый как добавка или как вяжущее для придания адгезионных и прочностных свойств.

Соли неорганических кислот (сульфаты, тиосульфаты, тиоцианаты) обеспечивают совместно с ПАВ синергизм в направлении увеличения прочности цементного бетона [117-118].

Высокоактивный ультрадисперсный микрокремнезем участвует в формировании ультрапористой структуры цементного камня, обеспечивая плотность камня.

Зола- унос является источником упрочнения матрицы цементной структуры.

К настоящему времени во многих промышленно развитых странах доля используемых в строительстве бетонов и растворов, приготовленных с использованием модифицирующих добавок, достигла 90-95 %.

## **2.3 Методика получения композиционных материалов и лабораторные исследования новых составов на основе хвостов обогащения руд**

### **2.3.1 Методика получения композиционных смесей**

Для разработки методики получения композиций сухих смесей на основе отходов обогащения медных руд Жезказганской обогатительной фабрики (ЖезОФ-1), полиметаллических карбонатных руд Кентауской обогатительной фабрики (КОФ) и отходов обогащения асбестовых руд Житикаринского месторождения были использованы следующие материалы: портландцемент ПЦ 400 Д 20 АО «Central AZIA Cement» (п.Актау, Карагандинская обл.) Модифицирующие добавки мовилит ДМ 207 2Р и тилоза МВ 15009 Р2 фирмы Clariant (Германия).

Для идентификации характеристик соединений, входящих в состав исходных хвостов, цементов и функциональных добавок использовались: рентгеновская установка ДРОН-3М, поляризационный микроскоп МИН-8, дериватографическая установка МОМ-1500, инфракрасный спектрофотометр Specord M-80.

Приготовление проб для этих приборов проводили согласно инструкции по их изготовлению для анализа на соответствующей установке.

Рентгенограммы получены на дифрактометре ДРОН-ЗМ. Образцы поликристаллические тщательно растирались до состояния пудры и помещались в плексигласовую кювету, дно которой было смазано тонким слоем вазелина. Чтобы избежать текстурования проба срезалась куском стекла. Рентгеновская трубка с медным анодом работала в режиме: 40кВ и 20мА, скорость движения блока детектирования 1 град/мин. Интервал съемки 20 от 4 до 64°.

Условия получения термограмм следующие: навеска составляла 1200 мг; нагрев производился до 1000 °С, изменения массы определялось с точностью 0,3 - 0,4%; скорость движения ленты самописца 2,5 мм/мин.

Все ИК - спектры записывали в области волновых чисел 4000-200см-1 при одинаковых параметрах. Пробы готовили таблетированием с бромидом калия (5 мг пробы и 800 мг КВг, 1 мг пробы и 200 мг КВг).

Пробы для исследования в растровом электронном микроскопе Суперпроб-733 готовились следующим образом. Изготавливали свежий скол образца. Затем образцы помещали в вакуумную установку, где с помощью ионного распылителя покрывали изломы образца тонким бесструктурным слоем золота (для улучшения выхода вторичных электронов при изучении проб в растровом электронном микроскопе). На этом микроскопе получали изображения с поверхности сколов во вторичных электронах (SEI) при различных увеличениях.

Испытания компонентов сухих строительных смесей проводили согласно соответствующей нормативной документации на эти материалы.

Свойства цемента, отвечающие ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия», определяли по ГОСТ 310.1-76 – 310.4-81 «Цементы. Методы испытаний».

Поскольку исследуемые хвосты обогащения представляют собой, как было показано выше, сырье не требующее дополнительной переработки то они могут рассматриваться как основной компонент, удовлетворяющих предъявляемым требованиям по ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Методы испытаний ».

Классификацияиспользуемыхдобавокорганическогоинеорганического происхождения осуществлялась по ГОСТ 24211-91 «Добавки для бетонов. Технические условия».

Традиционно сухие строительные смеси получает путем совместного помола вяжущих (цемент, известь, гипс) и минеральных компонентов (песок, карбонаты) с модифицирующими добавками.

Однако, такие смеси не обеспечивают требуемые строительнотехнические характеристики, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к материалам для ремонтно-восстановительных работ.

С целью повышения однородности получаемых смесей и улучшения удобоукладываемости нами разработана методика получения растворных смесей из сухих компонентов [73-74].

Растворная смесь для испытания готовилась следующим образом: вода и цемент смешивались до однородной массы и затем вводилось расчетное количество хвостов обогащения и модифицирующие добавки. Полученные растворные смеси укладывались в разъемные стальные формы в виде куба (для испытания на прочность готовится 3 контрольных образца размером 7х7х7) и 3 образца в виде прямоугольника размером 4х4х16 (для испытания на изгиб). После этого растворную смесь в формах подвергают вибрационному воздействию на лабораторной виброплощадке в течение 1 мин. Через сутки образцы вынимают из форм и помещают в камеру хранения, в которой поддерживаются заданная температура и влажность. Испытание образцов осуществляют через определенные промежутки времени (1...28 суток). Через 28 суток по показателям прочности определяют марку бетона (класс).

Изучение влияния отдельно взятых добавок с различными концентрациями, а также их комплексного содержания на процессы гидратации и твердения вяжущего проводили на образцах 2 х 2 х 2 см. После хранения образцов в нормальных условиях через определённые промежутки времени 1, 3, 7, 14 и 28 суток определяли прочность кубиков по ГОСТ 10180-90: «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам на прессе» типа ИП-100.

Особенность гидратации вяжущего с различными добавками и качественный состав гидратных цементирующих фаз с течением времени контролировались методами деривотаграфического, рентгеноструктурного и других анализов.

Сроки схватывания цемента в сочетании с различными добавками и их количеством определяли по стандартной методике определения свойств цемента по ГОСТ 310.1-76 «Цементы. Методы испытаний».

Для изучения физико-механических свойств смесей на разных наполнителях (заполнителях) с добавлением различных добавок формовали образцы с размерами 7 х 7 х 7 см.

Параллельно определяли такие свойства смесей как среднюю плотность сухой смеси и смеси с определённой подвижностью, водоудерживающую способность, влажность, водопоглощение, прочность при сжатии, морозостойкость по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний» и по КРСТ 1168-2006 «Смеси сухие строительные. Технические условия».

Определение подвижности растворной смеси проводили на эталонном конусе при погружении его в смесь.

Влажность смеси определяли после высушивания образца в сушильном шкафу до постоянного веса.

Водопоглощение образцов определяли после их насыщения водой до постоянного веса в ёмкости и затем высушивания в сушильном шкафу.

Водоудерживающую способность растворов определяли путём испытания слоя смеси, уложенного на промокательную бумагу, впитывающей влагу из раствора.

Прочность растворных образцов размерами 7 x 7 x 7 см. через 1, 3, 7, 14 и 28 суток твердения в нормальных условиях определяли на прессе типа МС-500 по ГОСТ 10180-90».

Прочность сцепления растворов определяли по методике согласно ГОСТ 24992-81 «Конструкции каменные. Методы определения прочности сцепления в каменной кладке» [76].

Морозостойкость определяли стандартным методом путём попеременного замораживания и оттаивания образцов размерами 7 x 7 x 7 см.

Процессы структурообразования изучались методом определения пластической прочности в системах цемент + добавка + вода коническим пластометром с углом конуса 30°. Рабочие составы подготавливали в количестве около 100 г. помещали в посуду определённой ёмкости и через 20-30 мин. замеряли величину погружения конуса пластометра в твердеющую смесь.

### **2.3.2 Лабораторные исследования по получению новых составов строительных материалов на основе хвостов обогащения медных, асбестовых и карбонатных полиметаллических руд**

Лабораторные исследования хвостов обогащения медных руд осуществлялись с использованием следующих исходных сырьевых материалов:

- хвосты обогащения Жезказганской обогатительных фабрик;
- портландцемент ПЦ 400 Д20 АО «Central AZIA cement (п. Актау, Карагандинская обл.) и портландцемент ПЦ 400 Д20 Шымкентского цементного завода;
- функциональные добавки: мовилит ДМ 2072Р и тилоза МВ 15009 Р2 фирмы «Клариант» (Германия);
- гранулированный доменный шлак Карагандинского металлургического комбината – как гидравлическая добавка при получении портландцементов ПЦ 400 Д20;
- полуводный строительный гипс марки Г10.
- хвосты обогащения ЖезОФ, содержащие %:  $\text{SiO}_2$  – 76,02;  $\text{CaO}$  – 3,56;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 10,45;  $\text{MgO}$  – 1,17;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2,62;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,93;  $\text{TiO}_2$  – 0,33;  $\text{MnO}$  – 0,04;  $\text{CuO}$  – 0,16.

Гранулометрический состав хвостов, %: частицы размером выше 0,63 мм составляют 0,05 %; частицы размером меньше 0,63 мм, но выше 0,315

мм – 5,09 %; частицы размером меньше 0,315 мм, но выше 0,16 мм – 32,96 %; частицы размером меньше 0,16 мм – 61,9 %. Модуль крупности – 0.43. Следовательно, хвосты обогащения ЖезОФ представляют собой очень тонкозернистый песок с повышенным содержанием SiO<sub>2</sub>.

Как видно из рентгенограммы (рисунок 2.1) хвосты представлены кварцем (d/n = 4,27; 3,34; 2,455; 2,286; 2,13; 1,541 Å), каолинитом (d/n = 7,3 Å), мусковитом (d/n = 10,05; 2,56 Å). ИК- спектры (рисунок 2.2) подтверждают наличие вышеупомянутых минералов в составе хвостов. Например:

- присутствие кварца показывают сильные полосы поглощения при (см-1): 471; 519; 532; 694; 779; 1089 и 1145;
- присутствие полевого шпата показывают полосы поглощения при (см-1): 432; 471; 588; 611; 1033;
- присутствие глинистых минералов показывают полосы поглощения в области 3435 см-1 и 1427 см-1, характеризующие соответственно валентные и деформационные колебания ОН-групп;
- присутствие полимерных добавок, вводящихся при обогащении полиметаллических руд и, поэтому, находящихся на поверхностной части хвостов, показывают группа полос поглощения в области 2974-2853 см-1.

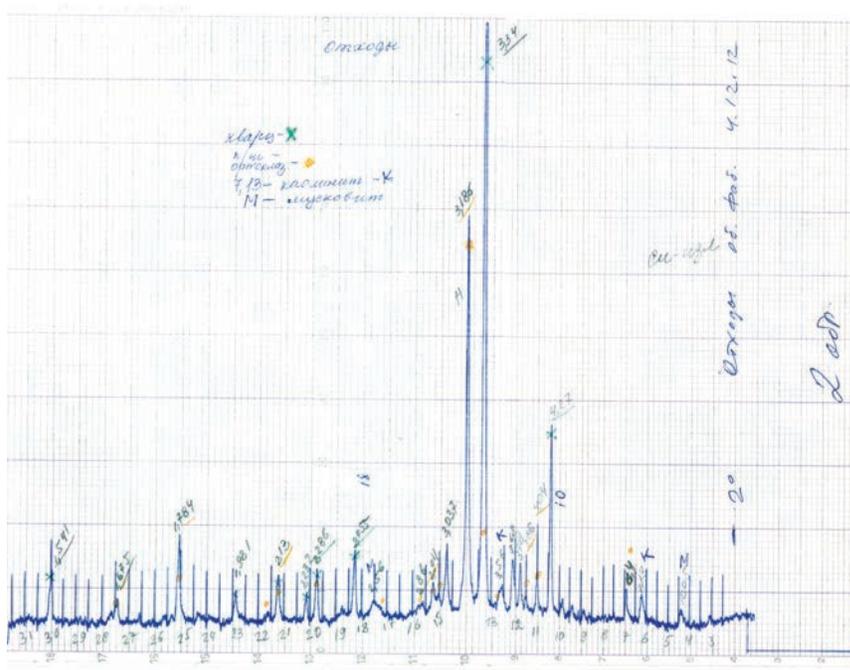


Рисунок 2.2 – Рентгенограмма хвостов обогащения Жезказганской обогатительной фабрики

*Физико-механические свойства* портландцемента ПЦ 400 Д20 АО «Central AZIA Cement» представлены в таблице 2.11. Из неё видно, что: тонкость помола по проходу сквозь сито №008 достигает 95,5 %; нормальная густота составляет 27,2 %; цементная лепёшка в кипяченной воде выдерживает равномерность изменения объёма; после пропаривания образцов прочность их на изгиб достигает 41,3 кгс/см<sup>2</sup>, на сжатие – 279,8 кгс/см<sup>2</sup>; после 28 суток твердения в нормальных условиях прочность при сжатии – 415,6 кгс/см<sup>2</sup>. Эти данные свидетельствуют о том, что данный портландцемент ПЦ 400Д20 соответствует требованиям нормативных документов.

*Физико-механические свойства* портландцемент ПЦ 400 Д20 ШЦЗ приведены в таблице 2.11. Из приведенных данных следует, что: тонкость помола по проходу сквозь сито №008 достигает 90,0 %; нормальная густота составляет 28,7 %; сроки схватывания - начало – 1 час 50 мин; конец – 2 часа 58 мин; равномерность изменения объёма при кипячении в воде – выдерживает без образования на образцах трещин; прочность образцов после пропаривания при изгибе составляет 3,15 МПа, при сжатии – 23,3 МПа; прочность образцов в возрасте 28 суток достигает 5,56 МПа, при сжатии – 40,13 МПа [77].

Таблица 2.11- Физико-механические свойства цемента ПЦ 400 Д20 (АО «Central AZIA Cement»)

Наименование показателя	НД на метод испытания,	Норма по НД: ГОСТ 10178-85	Фактическое значение
Тонкость помола по проходу сквозь сито № 008, %	ГОСТ 310.2-76	Не менее 85	95,6
Нормальная густота, %	ГОСТ 310.2-76	–	27,2
Сроки схватывания, час: – начало – конец	ГОСТ 310.3-76	Не ранее 45мин Не позднее 10-00 час	1 час 10 мин 3 часа 20 мин
Прочность после пропаривания, кгс/см <sup>2</sup> при: – изгибе – сжатии	ГОСТ 310.4-81	– –	41,3 279,8
Прочность в возрасте 28 суток, кгс/см <sup>2</sup> при: – изгибе – сжатии	ГОСТ 310. 4-81	Не менее 55 Не менее 400	66,5 415,6
Равномерность изменения объёма (в кипяченной воде)	ГОСТ 310.3-76	Не должно быть трещин	Выдержал

Таблица 2.12 - Физико-механические свойства цемента ПЦ 400 Д20 (АО Шымкентский цементный завод)

Наименование показателя	НД на метод испытания, № продукта	Норма по НД: ГОСТ 10178-85	Фактическое значение
Тонкость помола по проходу сквозь сито № 008, %	ГОСТ 310.2-76	Не менее 85	90,0
Нормальная густота, %	ГОСТ 310.2-76	–	28,7
Сроки схватывания, час: – начало – конец	ГОСТ 310.3-76	Не ранее 45 мин Не позднее 10 часов	1 час 50 мин 2 часа 58 мин
Равномерность изменения объёма (в кипяченной воде)	ГОСТ 310.3-76	Не должно быть трещин	Выдержал
Прочность после пропаривания, кгс/см <sup>2</sup> при: – изгибе – сжатии	ГОСТ 310.4-81	– –	31,5 233
Прочность в возрасте 28 суток, кгс/см <sup>2</sup> при: – изгибе – сжатии	ГОСТ 310.4-81	Не менее 55 Не менее 400	55,6 401,3

*Гранулированный шлак.* Химический состав, %:

SiO<sub>2</sub> – 37,6; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 11,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,92; CaO – 45,6; MgO – 1,47; MnO – 0,51; TiO<sub>2</sub> – 0,9; SO<sub>3</sub> – 2,2. На рентгенограмме (рисунок 2.3) доменного шлака фиксируются пики, характерные для геленита, белита и кальцита. Однако, термограмма (рисунок 2.3) показывает, что граншлак преимущественно (70-90 %) состоит из стекла геленитового состава, на что указывает экзоэффект при 922°С, характерный для кристаллизации этого минерала из стекла. Цвет исходного шлака – серый, средняя плотность – 1200 кг/м<sup>3</sup>, модуль упругости достигает 2,9.

*Мовилит (Mowilith)* – редиспергируемый в воде синтетический полимер на основе гомо-, со и тройных полимеров винилацетата (СН<sub>3</sub>СООСН = СН<sub>2</sub>). Фирма «Клариант» (Германия) выпускает мовилит разных марок. Для сухих строительных смесей рекомендуются марки мовилита ДМ 2072 Р и ДМ 1140 Р. В составе мовилита содержатся антикоагулянты и вещества, препятствующие слеживанию.

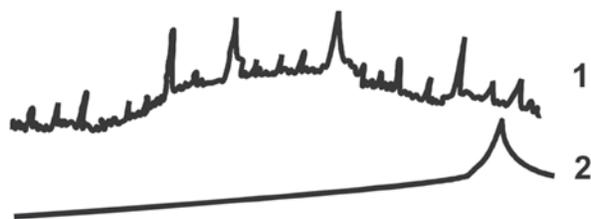


Рисунок 2.3 – Рентгенограмма (1) и термограмма (2) гранулированного доменного шлака Карагандинского металлургического завода

При исследовании на установке MOM-1500 мовилит полностью выгорает, однако, показывает РФА (рисунок 2.4). Он обладает способностью кристаллизоваться, что характерно для винлацетата [99-105].

На ИК-спектре (рисунок 2.4) мовилита интенсивны полосы поглощения карбоксильной группы  $C=O$  ( $1740\text{ см}^{-1}$ );  $C-OH$  ( $1020\text{ см}^{-1}$ ) и сложных эфиров  $C-O$  связи ( $1240\text{ см}^{-1}$ ) и  $C=O$  связи ( $1730, 1750\text{ см}^{-1}$ ). Кроме органических соединений, данные ИК-спектров показывают присутствие кальцита ( $1430$  и  $880\text{ см}^{-1}$ ).

Тилоза (Tylose). Она преимущественно состоит из этилцеллюлозы  $[C_6H_7O_2(OH)_{3-v}(OC_2H_5)_v]_n$ . Как видно из рисунка 2.5 в ИК-спектре тилозы наблюдаются полосы поглощения  $C-H$ ,  $O-H$  и  $C-O$  связей. Однако частота поглощения деформационных колебаний  $CH_2$ -групп соответствует влиянию двойной связи ( $=CH_2$ ), а расщепление полосы поглощения метильной группы характерно для изопропиловой группы  $(CH_3)_2CH$ . *Гунс* –  $CaSO_4 \cdot 0,5 H_2O$ . Нормальная густота гипсового теста – 4,28 %; остаток на сите № 02 – 15 %, начало сроков схватывания – 6 мин, конец – 10 мин. Марка – Г 10, степень белизны – 98 %. Рентгеновские и дериватографические данные гипсового вяжущего представлены на рисунок 2.6, из которого видно, что оно преимущественно состоит из  $CaSO_4 \cdot 0,5 H_2O$ .

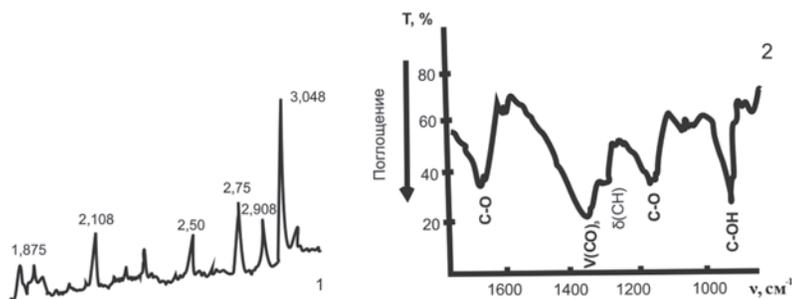


Рисунок 2.4 – Рентгенограмма (1) и ИКС (2) Мовилита – Mowilith ДМ 2072 Р

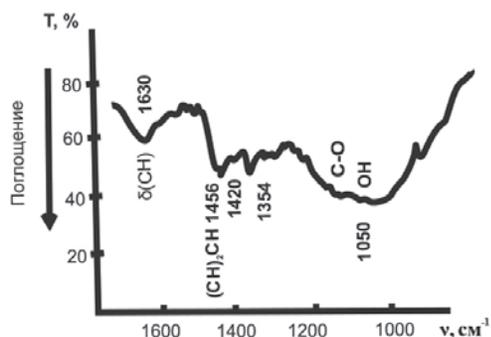


Рисунок 2.5 – ИК-спектр тилозы (Tylose)

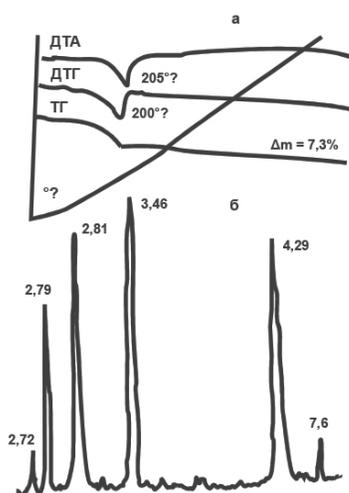


Рисунок 2.6 - Дериватограмма (а) и рентгенограмма (б) полуводного гипса –  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$

Изучение химико-минералогического состава исходных сырьевых материалов и исследование влияния функциональных добавок на процессы гидратации и твердения цемента осуществляли известными методами.

На основании результатов анализа нами разработаны нормы расходов исходных сырьевых материалов и функциональных добавок с учетом их характеристик и требований ГОСТ 28013-98. Общие технические условия и КР СТ 1168 – 2006. Состав штукатурных и кладочных растворов содержит:

– для раствора М 25 (~ В 2) на  $1 \text{ м}^3$  хвостов необходимо 135 кг цемента или по объему  $V_{\text{ц}} = 135:1050 = 0,128 \text{ м}^3$ ;

– для раствора М 50 (~ В 3) на  $1 \text{ м}^3$  хвостов необходимо 185 кг цемента или по объему  $V_{\text{ц}} = 185:1050 = 0,176 \text{ м}^3$ ;

– для раствора М 75 (~ В 5,5) на 1 м<sup>3</sup> хвостов необходимо 200 кг цемента или по объему  $V_{ц} = 200:1050 = 0,190 \text{ м}^3$ ;

– для раствора М 100 (~ В 7,5) на 1 м<sup>3</sup> хвостов необходимо 255 кг цемента или по объему  $V_{ц} = 255:1050 = 0,243 \text{ м}^3$ ;

– для раствора М 150 (~ В 10) на 1 м<sup>3</sup> хвостов необходимо 350 кг цемента или по объему  $V_{ц} = 350:1050 = 0,333 \text{ м}^3$ ;

– для раствора М 200 (~ В 15) на 1 м<sup>3</sup> хвостов необходимо 450 кг цемента или по объему  $V_{ц} = 450:1050 = 0,429 \text{ м}^3$ .

1. Состав раствора в объемных частях определяют по формуле:

2.  $\left(\frac{V_{ц}}{V_{п}}\right) : \left(\frac{V_{х}}{V_{п}}\right)$ , подставляя значения получим:

– для раствора М 25 (~ В 2)

$$\frac{0,128}{0,128} : \frac{1}{0,128} = 1 : 7,8 ;$$

– для раствора М 50 (~ В 3)

$$\frac{0,176}{0,176} : \frac{1}{0,176} = 1 : 5,7 ;$$

– для раствора М 75 (~ В 5,5)

$$\frac{0,190}{0,190} : \frac{1}{0,190} = 1 : 5,3 ;$$

– для раствора М 100 (~ В 7,5)

$$\frac{0,243}{0,243} : \frac{1}{0,243} = 1 : 4,1 ;$$

– для раствора М 150 (~ В 10)

$$\frac{0,333}{0,333} : \frac{1}{0,333} = 1 : 3 ;$$

– для раствора М 200 (~ В 15)

$$\frac{0,429}{0,429} : \frac{1}{0,429} = 1 : 2,33.$$

Состав раствора в частях по массе определяют по формуле:

$\frac{Ц}{Ц} = \frac{П}{П}$ , подставляя значения получим:

– для раствора М 25 (~ В 2)

$$\frac{135}{135} : \frac{1350}{135} = 1 : 10 ;$$

– для раствора М 50 (~ В 3)

$$\frac{185}{185} : \frac{1350}{185} = 1 : 7,3 ;$$

– для раствора М 75 (~ В 5,5)

$$\frac{200}{200} : \frac{1350}{200} = 1 : 6,75 ;$$

– для раствора М 100 (~ В 7,5)

$$\frac{255}{255} : \frac{1350}{255} = 1 : 5,3 ;$$

– для раствора М 150 (~ В 10)

$$\frac{350}{350} : \frac{1350}{350} = 1 : 3,85 ;$$

– для раствора М 200 (~ В 15)

$$\frac{450}{450} : \frac{1350}{450} = 1 : 3.$$

3. Находим количество составных частей растворных смесей в объемных частях:

- для раствора М 25 (~ В 2) –  $1 + 10 = 11$ ;
- для раствора М 50 (~ В 3) –  $1 + 7,3 = 8,3$ ;
- для раствора М 75 (~ В 5,5) –  $1 + 6,75 = 7,75$ ;
- для раствора М 100 (~ В 7,5) –  $1 + 5,3 = 6,3$ ;
- для раствора М 150 (~ В 10) –  $1 + 3,85 = 4,85$ ;
- для раствора М 200 (~ В 15) –  $1 + 3 = 4$ .

4. Расход цемента на  $1 \text{ м}^3$  растворной смеси:

- для раствора М 25 (~ В 2) –  $\left(\frac{1}{11}\right) \cdot 1 = 0,09 \text{ м}^3$  или  $0,09 \cdot 1050 = 94,5 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 50 (~ В 3) –  $\left(\frac{1}{8,3}\right) \cdot 1 = 0,12 \text{ м}^3$  или  $0,12 \cdot 1050 = 126 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 75 (~ В 5,5) –  $\left(\frac{1}{7,75}\right) \cdot 1 = 0,13 \text{ м}^3$  или  $0,13 \cdot 1050 = 136 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 100 (~ В 7,5) –  $\left(\frac{1}{6,3}\right) \cdot 1 = 0,16 \text{ м}^3$  или  $0,16 \cdot 1050 = 168 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 150 (~ В 10) –  $\left(\frac{1}{4,86}\right) \cdot 1 = 0,21 \text{ м}^3$  или  $0,21 \cdot 1050 = 220 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 200 (~ В 15) –  $\left(\frac{1}{4}\right) \cdot 1 = 0,25 \text{ м}^3$  или  $0,25 \cdot 1050 = 263 \text{ кг/м}^3$ .

5. Расход хвостов на 1 м<sup>3</sup> растворной смеси:

• для раствора М 25 (~В 2)  $-\left(\frac{1}{11}\right) \cdot 10 = 0,09 \cdot 10 = 0,9 \text{ м}^3$  или  $0,9 \cdot 1350 = 1215 \text{ кг/м}^3$ ;

• для раствора М 50 (~В 3)  $-\left(\frac{1}{8,3}\right) \cdot 7,3 = 0,12 \cdot 7,3 = 0,88 \text{ м}^3$  или  $0,88 \cdot 1350 = 1188 \text{ кг/м}^3$ ;

• для раствора М 75 (~В 5,5)  $-\left(\frac{1}{7,75}\right) \cdot 6,75 = 0,13 \cdot 6,75 = 0,87 \text{ м}^3$  или  $0,87 \cdot 1350 = 1174 \text{ кг/м}^3$ ;

• для раствора М 100 (~В 7,5)  $-\left(\frac{1}{6,3}\right) \cdot 5,3 = 0,16 \cdot 5,3 = 0,85 \text{ м}^3$  или  $0,85 \cdot 1350 = 1147 \text{ кг/м}^3$ ;

• для раствора М 150 (~В 10)  $-\left(\frac{1}{4,86}\right) \cdot 3,86 = 0,21 \cdot 3,86 = 0,81 \text{ м}^3$  или  $0,81 \cdot 1350 = 1094 \text{ кг/м}^3$ ;

• для раствора М 200 (~В 15)  $-\left(\frac{1}{4}\right) \cdot 3 = 0,25 \cdot 3 = 0,75 \text{ м}^3$  или  $0,75 \cdot 1350 = 1013 \text{ кг/м}^3$ .

6. Расход воды В растворов при подвижности, соответствующей погружению стандартного конуса на 9-10 см, на 1 м<sup>3</sup> песка, приближенно определяют по формуле  $V = 0,0005 \cdot Ц$ :

- для раствора М 25 (~ В 2) –  $V = 0,0005 \cdot 94,5 = 0,042 \text{ м}^3$  или  $42 \text{ л/м}^3$ ;
- для раствора М 50 (~ В 3) –  $V = 0,0005 \cdot 126 = 0,063 \text{ м}^3$  или  $63 \text{ л/м}^3$ ;
- для раствора М 75 (~ В 5,5) –  $V = 0,0005 \cdot 136 = 0,068 \text{ м}^3$  или  $68 \text{ л/м}^3$ ;
- для раствора М 100 (~В 7,5) –  $V = 0,0005 \cdot 167 = 0,084 \text{ м}^3$  или  $84 \text{ л/м}^3$ ;
- для раствора М 150 (~В 10) –  $V = 0,0005 \cdot 216 = 0,11 \text{ м}^3$  или  $110 \text{ л/м}^3$ ;
- для раствора М 200 (~В 15) –  $V = 0,0005 \cdot 263 = 0,13 \text{ м}^3$  или  $130 \text{ л/м}^3$ .

7. Определяем расчетную объемную массу растворов:

- для раствора М 25 (~ В 2) –  $Ц+X+V = 96+ 1215 +42 = 1353 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 50 (~ В 3) –  $Ц+X+V = 127+ 1188 +63 = 1378 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 75 (~ В 5,5) –  $Ц+X+V = 136+1174 +68 = 1378 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 100 (~ В 7,5) –  $Ц+X+V = 167+ 1147 +84 = 1398 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 150 (~В 10) –  $Ц+X+V = 216+ 1094 +110 = 1420 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 200 (~В 15) –  $Ц+X+V = 263+ 1013 +130 = 1406 \text{ кг/м}^3$ .

8. Проводим пробные затворения. Определяем объемную массу пробных замесов. В зависимости от марки растворов она оказалась:

- для раствора М 25 (~ В 2) –  $1373 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 50 (~ В 3) –  $1388 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 75 (~ В 5,5) –  $1393 \text{ кг/м}^3$ ;
- для раствора М 100 (~ В 7,5) –  $1396 \text{ кг/м}^3$ ;

- для раствора М 150 (~ В 10) – 1427 кг/м<sup>3</sup>;
- для раствора М 200 (~ В 15) – 1448 кг/м<sup>3</sup>.

9. Определили действительный расход исходных сырьевых материалов на 1 м<sup>3</sup> раствора на основе хвостов ЖезОФ.

- для раствора М 25 (~ В 2) –  $\left(\frac{1373}{1353} = 1,01\right)$ :  
 $\text{Ц} = 1,01 \cdot 94,5 = 95 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{В} = 1,01 \cdot 48 = 49 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{Х} = 1,01 \cdot 1215 = 1227 \text{ кг/м}^3$ ;

- для раствора М 50 (~ В 3) –  $\left(\frac{1388}{1378} = 1,01\right)$ :  
 $\text{Ц} = 1,01 \cdot 126 = 128 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{В} = 1,01 \cdot 64 = 65 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{Х} = 1,01 \cdot 1188 = 1200 \text{ кг/м}^3$ ;

- для раствора М 75 (~ В 5,5) –  $\left(\frac{1393}{1378} = 1,01\right)$ :  
 $\text{Ц} = 1,01 \cdot 136 = 137 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{В} = 1,01 \cdot 68 = 69 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{Х} = 1,01 \cdot 1174 = 1186 \text{ кг/м}^3$ ;

- для раствора М 100 (~ В 7,5) –  $\left(\frac{1396}{1378} = 1,01\right)$ :  
 $\text{Ц} = 1,01 \cdot 168 = 169 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{В} = 1,01 \cdot 84 = 85 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{Х} = 1,01 \cdot 1147 = 1158 \text{ кг/м}^3$ ;

- для раствора М 150 (~ В 10) –  $\left(\frac{1427}{1398} = 1,02\right)$ :  
 $\text{Ц} = 1,02 \cdot 220 = 224 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{В} = 1,02 \cdot 110 = 112 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{Х} = 1,02 \cdot 1094 = 1116 \text{ кг/м}^3$ ;

- для раствора М 200 (~ В 15) –  $\left(\frac{1448}{1406} = 1,03\right)$ :  
 $\text{Ц} = 1,03 \cdot 263 = 271 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{В} = 1,03 \cdot 130 = 134 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $\text{Х} = 1,03 \cdot 1013 = 1044 \text{ кг/м}^3$ ;

Полученные растворные смеси была проанализированы и результаты анализа приведены в таблице 2.14:

Определение средней растворной плотности показало, что растворы марок М 25-200 (В-2-В-15) на основе хвостов ЖезОФ являются легкими, средняя плотность не превышая 1500 кг/м<sup>3</sup>.

Из данных приведенных в таблице 2.13 следует, что с повышением заданной марочности растворов:

- расход цемента и воды увеличивается, а хвостов, наоборот, уменьшается;
- возрастает также средняя плотность растворной смеси.

Таблица 2.13 – Состав штукатурных и кладочных растворов на основе хвостов обогащения ЖезОФ

Марка (класс) раствора	Расход исходных материалов, кг/м <sup>3</sup>			Средняя плотность растворной смеси, кг/м <sup>3</sup>
	цемент	хвосты	вода	
М 25 (~В2)	95,0	1227,0	49,0	1371,0
М 50 (~В3)	128,0	1200,0	65,0	1393,0
М 75 (~В5,5)	137,0	1186,0	69,0	1392,0
М 100 (~В7,5)	169,0	1158,0	85,0	1412,0
М 150 (~В10)	224,0	1116,0	112,0	1452,0
М 200 (~В15)	271,0	1044,0	134,0	1449,0

Таблица 2.14 – Физико-механические свойства кладочных и штукатурных материалов из сухих строительных смесей на основе хвостов ЖезОФ

Марка ССС	Объёмная масса, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа:		Морозостойкость, цикл
		При сжатии	При сцеплении	
М 25 (~В2)	1371,0	2,6	0,2	5
М 50 (~В3)	1393,0	5,2	0,28	10
М 75 (~В5.5)	1398,0	7,8	0,3	15
М100 (~В7.5)	1400,0	10,9	0,35	25
М150 (~В 10)	1427,0	16,1	0,38	35
М200 (~В 15)	1448,0	22,3	0,4	50

В таблице 2.14 приведены полученные экспериментальные данные, связанные с заданной маркой кладочных и штукатурных материалов на основе хвостов ЖезОФ, из которой видно, что:

- при М 25 (~В2) объёмная масса материала достигает 1371 кг/м<sup>3</sup>, прочность образцов при сжатии – 2,5 МПа и при сцеплении – 0,2 МПа, а морозостойкость – F5;
- при М 50 (~В3) объёмная масса материала составляет 1393 кг/м<sup>3</sup>, прочность образцов при сжатии – 5,2 МПа и при сцеплении – 0,28 МПа, а морозостойкость - F10;

– при М75 (~В 5.5) объёмная масса материала равна 1398 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии – 7,5 МПа и при сцеплении – 0,3 МПа, морозостойкость - F15;

– при М 100 (~В 7.5) объёмная масса материала достигает 1400 кг/м<sup>3</sup>, прочность образцов при сжатии – 10,9 МПа и при сцеплении – 0,35 МПа, а морозостойкость – F25;

– при М 150 (~В 10) объёмная масса материала составляет 1427 кг/м<sup>3</sup>, прочность образцов при сжатии – 16,1 МПа и при сцеплении – 0,38 МПа, а морозостойкость – F35;

– при М 200 (~В 15) объёмная масса материала равна 1448 кг/м<sup>3</sup>, прочность образцов при сжатии – 22,3 МПа и при сцеплении – 0,4 МПа, а морозостойкость – F50. Следовательно, с повышением заданной марки материала его физико-механические свойства улучшаются.

Известно, что современные сухие строительные смеси в своем составе обязательно имеют пластифицирующие добавки, обладающие полифункциональными свойствами. Эти добавки, как правило, улучшают такие свойства сухих строительных смесей, как являются: водоудерживающая способность, прочность сцепления с основанием, морозостойкость [78].

Сравнительные данные сухих строительных смесей с добавкой и без нее для марки М 50 (~В3) и М100 (~В 7.5) приведены в таблице 2.15, из которой видно, что:

– сухая строительная смесь марки М 50 (~В 3) без добавки имеет водоудерживающую способность 66,8 %. Прочность при сжатии 5,2 МПа, морозостойкость 10 циклов;

– при введении мовилита, тилозы и комплексной добавки (мовилита и тилозы) в состав сухих строительных смесей существенно улучшаются некоторые физико-механические свойства их, например:

- водоудерживающая способность возрастает от 68,7 % до 93,8-99,7 %;
- прочность затвердевших строительных смесей при сжатии возрастает от 10,9 МПа до 11,1-12,8 МПа;

- морозостойкость достигает 30-35 циклов против 25 циклов без добавки.

Таблица 2.15 – Физико-механические свойства модифицированных штукатурных и кладочных растворов с добавкой хвостов обогащения ЖезОФ

Марка (класс) раствора	Вид полимерных добавок, %	Содержание полимерных добавок, %	Водоудерживающая способность, %	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сцеплении, МПа	Морозостойкость, цикл
М 50 (~В3)	–	–	66,8	5,2	0,28	10
	Мовилит	2,0	90,3	5,9	0,48	15
	Тилоза	0,6	97,9	5,3	0,37	15
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	98,9	6,8	0,9	20
М 100 (~В7.5)	–	–	68,7	10,9	0,35	25
	Мовилит	3,0	93,8	12,8	0,67	30
	Тилоза	0,5	98,3	11,1	0,61	30
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	99,7	13,4	0,83	35

Эти данные показывают, что полимерные функциональные добавки наибольшее влияние оказывают на водоудерживающую способность и прочность сцепления с основанием. При этом с повышением содержания цемента в её составе эффективность влияния функциональных добавок возрастает.

Лабораторные исследования по получению цементсодержащих стройматериалов осуществлены на основе хвостов обогащения карбонатных руд. Хвосты обогащения полиметаллических карбонатных руд представляют собой тонкодисперсную муку с удельной поверхностью 200-210 м<sup>2</sup>/кг, размеры частиц хвостов находятся в пределах 0,01-0,05... 0,001-0,005 мм (70-75 %). Минералогический состав представлен в основном доломитизированным известняком (73-84 %).

Эти хвосты были исследованы на дериватографической установке МОМ-1500 и рентгеновской установке ДРОН-3М:

Результаты исследований приведены на рисунке 2.7 и в таблице 2.17. Из рисунка 3.1 видно, что: при 220-410°С выделяются эндоэффекты, характерные для дегидратации глинистых минералов; при 470°С проявляется экзоэффект, обусловленный присутствием пластифицирующих реагентов; эндоэффект при 560°С соответствует переходу кварца из одной модификации в другую; эндоэффект при 660°С и 750°С показывает декарбонизацию известняка и доломита;

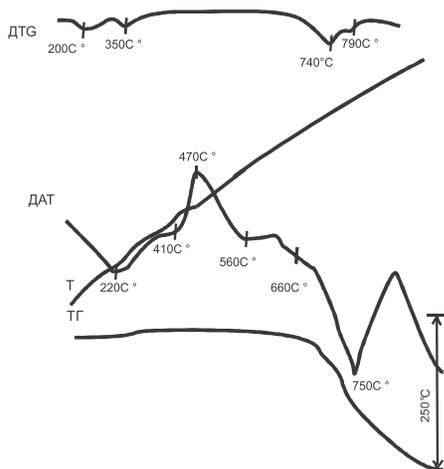


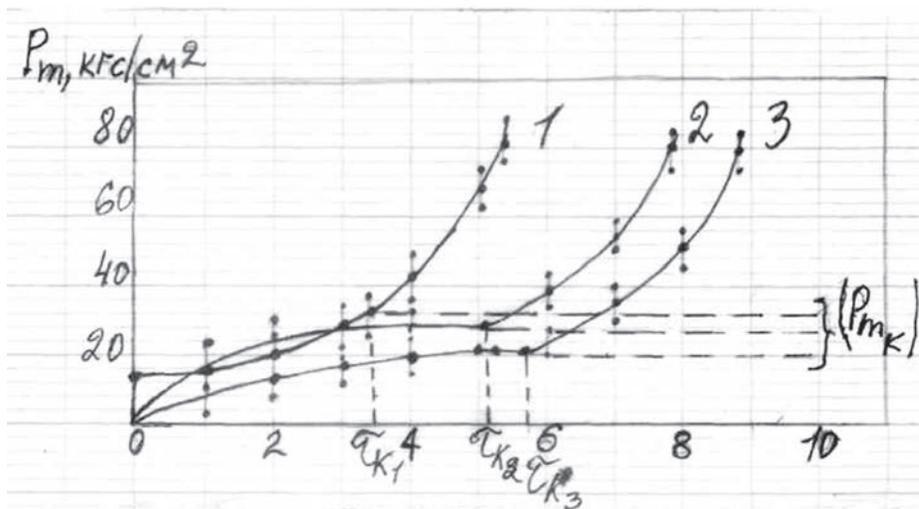
Рисунок 2.7 - Дериватограмма хвостов обогащения полиметаллических карбонатных руд

Таблица 2.16 – Результаты исследования хвостов обогащения карбонатных руд

	Межплоскостное расстояние (d/n) и интенсивность пика (I)									
	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I
Доломит	2,91	10	1,79	6	2,20	5	2,01	4	3,70	2
Кальцит	2,11	5	3,03	4	2,69	2	2,28	2	1,85	2
Барит	2,02	3,5	3,45	3,5	3,92	2	2,73	2	1,67	1,5
Кварц	3,86	3	1,81	3	1,55	2	-	-	-	-

Межплоскостное расстояние (d/n) и интенсивность дифракционных максимумов (I) основных минералов, входящих в состав хвостов, как это следует из данных представленных в таблице 3.1, подтверждает результаты дифференциально-термического анализа. Доломит на рентгенограмме представлен дифракционными линиями d/n = 2,91 (при интенсивности I = 10); 1,79 (6); 2,20 (5); 2,01 (4); и 3,70 (2), а: кальцит – d/n = 2,11(5), 3,03 (4), 2,69 (2); 2,28 (2) и 1,85 (2), барит – d/n = 2,02 (3,5), 3,45 (3,5), 3,92 (2), 2,73 (2), 1,67 (1,5), кварц – d/n = 3,86 (3); 1,81 (3) и 1,55 (2).

При обжиге хвостов при температуре 1000°C в них происходят следующие изменения: частицы диспергируются в результате диссоциации доломита и кальцита, поэтому удельная поверхность обожженного материала достигает 370-400 м<sup>2</sup>/кг; содержание свободной извести (СаО) достигает 35-40 %, поэтому обожженные хвосты можно называть известковым вяжущим, применяемым в качестве одного из компонентов сухих строительных смесей.



Продолжительность испытаний,  $\tau$ , час

Рисунок 2.8 – Кривые изменения пластической прочности цементного теста без добавки (1), с добавкой мовилита (2) и тилозы (3) (вертикальные отрезки изображают 95% доверительные интервалы)

Из рисунка следует, что изменение пластической прочности цементного теста в первые сутки гидратации и твердения; влияние функциональных добавок на структурообразование твердеющей системы; время наступления периода формирования ( $\tau_k$ ) и критической пластической прочности ( $P_{mк}$ )к твердеющего цементного камня.

Установлено, что период формирования ( $\tau_k$ ) цементного теста без добавок равен 8 часам, а с добавкой мовилита – 14 часам и тилозы – 18 часам, т.е. добавки снижают величину критической пластической прочности  $[(P_{mк})]$  твердеющей системы; критическая пластическая прочность  $[(P_{mк})]$  цементного теста без добавок достигает 9,9 кгс/см<sup>2</sup>, а с добавкой мовилита и тилозы соответственно -5,1 и 3,8 кгс/см<sup>2</sup>, т.е. добавки снижают величину критической пластической прочности  $[(P_{mк})]$  твердеющей системы; при окончании структурообразующих процессов в твердеющей системе пластическая прочность ( $P_m$ ) цементного теста с добавкой и без неё составляет 40 кгс/см<sup>2</sup>. Такого значения цементное тесто без добавки достигает через 14 часов, с добавкой мовилита и тилозы соответственно через 23 час.40 мин и 28 час.50 мин, т.е. в присутствии добавок окончательное формирование структурообразования цементного теста в период, когда оно ещё имеет пластическое свойство, наступает намного позже.

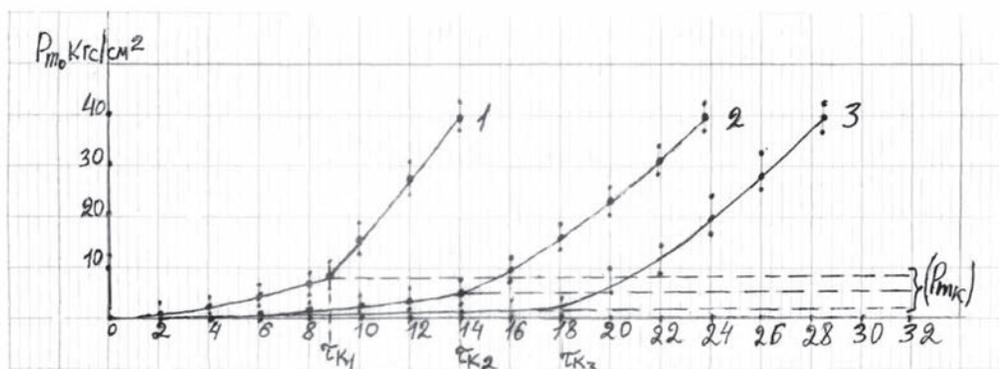
Вышеприведенные данные позволяют предполагать, что при переходе коагуляционно-кристаллизационных процессов в кристаллизационно-коагуляционной твердеющей системе происходит интенсивная гидратация составляющих цемента, в особенности минералов  $C_3S$  и  $C_3A$ , что сопровождается упрочнением структуры цементного теста, поэтому кривые изменения системы «пластическая прочность – время твердения» резко идут вверх. В момент завершения периода, связанного с пластическими свойствами теста, его пластическая плотность с добавкой и без нее одинаковая, однако с добавкой она достигается значительно позже.

Установлено, что:

- замедление периода формирования теста и уменьшение критической пластической прочности теста в присутствии добавок влияет на процессы гидратации цемента. После завершения формирования пластической структуры твердения система упрочняется и цементное пластическое тесто начинает превращаться в цементный камень.

На рисунке 2.9 приведены результаты исследования структурообразующих свойств растворной смеси, состоящей из  $270 \text{ кг/м}^3$  цемента,  $1044 \text{ кг/м}^3$  хвостов карбонатных руд,  $134 \text{ л/м}^3$  воды. Исследованию подвергались растворные смеси с добавкой 2 % мовилита и 0,7 % тилозы.

Из этой пластограммы следует, что введение хвостов в цементное тесто резко изменяет ход процесса структурообразования, сокращается период формирования процесса структурообразования ( $\tau_k$ ) – с 8 часов до 36 час.50 мин без добавки, с 14 час. до 5 час.10 мин при добавке мовилита и с 18 час. до 5 час.50 мин при добавке тилозы.



Продолжительность испытаний,  $\tau$ , час

Рисунок 2.9 – Кривые изменения пластической прочности растворной смеси без добавки (1), с добавкой мовилита (2) и тилозы (3) (вертикальные отрезки изображают 95% доверительные интервалы)

Возрастает также величина пластической прочности твердеющей растворной смеси в момент завершения пластических свойств – с 40 кгс/см<sup>2</sup>, без хвостов до 80 кгс/см<sup>2</sup> с хвостами.

Эти данные свидетельствуют о влиянии хвостов обогащения на структурообразование смесей.

Таким образом, можно констатировать, что структурные процессы, происходящие в твердеющей цементосодержащей системе, могут быть охарактеризованы через величину периода формирования ( $\tau_k$ ), критической пластической прочности  $[(P_{m_k})]$  и пластической прочности; хвосты ускоряют, а функциональные добавки замедляют структурообразующие процессы в твердеющих системах; твердение системы независимо от присутствия функциональных добавок осуществляется путем перехода коагуляционно-кристаллизационных процессов в кристаллизационно-коагуляционные: однако, размер гидратных новообразований в присутствии функциональных добавок более мелкий.

Результаты исследования влияния функциональных добавок (мовилита и тилозы) на нормальную плотность образцов размером 2x2x2 и сроков схватывания цементного теста, прочность цементного камня, твердеющего в течение 28 суток, приведены в таблице 2.17.

Анализируя данные этой таблицы можно констатировать, что нормальная плотность цементного теста без функциональных добавок равна 27,2 %, начало схватывания 1 час 10 мин., конец 3 час.20 мин, прочность на сжатие после суточного твердения достигает 10,3 МПа, а через 3,7,14 и 28 сут. твердения соответственно – 17,8; 24,4; 35,9 и 41,4. При введении тилозы величина нормальной плотности возрастает, причем, чем больше концентрация ее в цементном тесте, тем больше величина нормальной плотности, которая в зависимости от ее содержания составляет 28,3-30,1 %.

Таблица 2.17 – Влияние функциональных добавок на физико-механические свойства цементного теста и цементного камня

Добавка	Содержание добавки, %	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания, в час.-мин.		Прочность (МПа) цементного камня, твердеющего в течение, сут:				
			начало	конец	1	2	7	14	28
-	-	27,2	1-10	3-20	10,3	17,8	24,4	35,9	41,4
тилоза	0,5	28,3	4-50	14-00	11,2	19,8	26,7	33,5	39,8
	0,7	29,5	12-00	16-00	9,5	18,9	23,3	31,3	38,9
	0,9	30,1	13-00	17-00	9,0	18,5	22,8	30,2	38,0
мовилит	1,0	28,3	4-40	6-55	10,8	21,9	26,3	35,0	40,0
	2,0	28,0	5-00	7-00	11,0	21,3	27,0	36,9	40,5
	3,0	27,7	5-15	7-20	11,5	20,5	27,5	38,8	42,8

Поскольку тилоза обладает повышенной водоудерживающей способностью, в ее присутствии сроки схватывания цементного теста продлеваются почти на один порядок. Установлено, что при введении 0,5 % тилозы начало сроков схватывания цементного теста составляет 4 час. 50 мин, при 0,7 и 0,9 % тилозы оно (начало схватывания) соответственно достигает 12 и 13 час., а конец схватывания соответственно -14; 16 и 17 часов. Прочность цементного камня с добавкой тилозы в возрасте 1 и 28 сут. может колебаться в пределах (соответственно) -11,2-9,0 МПа и 39,8-38,0 МПа. Прочность цементного камня несколько снижается с повышением концентрации тилозы в составе цементного теста. Мовилит на физические свойства цементного теста также, как тилоза, оказывает существенное влияние, но в меньшей степени. В присутствии 1-3 % мовилита нормальная густота цементного теста находится в пределах 28,3-27,7 %; при этом с повышением концентрации мовилита в составе цементного теста величина нормальной густоты снижается, однако, она (нормальная густота) выше нормальной густоты цемента без добавок. Начало схватывания цементного теста, содержащего 1-3% мовилита закономерно возрастает и после 28 суток нормального твердения достигает 40,0-42,8 МПа.

Таким образом, в присутствии функциональных добавок: водопотребность цемента существенно возрастает, в особенности при введении тилозы, что обусловлено их гидратирующими свойствами, требующими дополнительного расхода воды. Сроки схватывания цементного теста существенно удлиняются, в особенности при введении тилозы, что обусловлено их гидратирующими свойствами, требующими дополнительного расхода воды. Тилоза в целом отрицательно влияет на прочность цементного камня на сжатие, в особенности в начальном сроке твердения. Мовилит в целом мало влияет на прочность цементного камня на сжатие, хотя повышенная концентрация его (мовилита) в твердеющей системе способствует повышению прочности цементного камня на сжатие [79].

Введение в цементосодержащие растворы отходов обогащения карбонатных руд приводит к изменению некоторых физико-механических свойств цементосодержащих вяжущих. Результаты исследования приведены в таблице 2.18.

Из представленных данных видно, что при добавке необожженных хвостов карбонатных руд основные физико-механические свойства цемента улучшаются, например, водопотребность цемента снижается, поэтому нормальная густота составляет 26,3 % (против 27,2 %): скорость твердения цементного теста несколько возрастает, поэтому начало схватывания его равна 50 мин (вместо 1 час 10 мин), а конец схватывания заканчивается через 2 часа 40 мин (вместо 3 часа 20 мин):

Таблица 2.18 – Физико-механические свойства различных вяжущих вида

Вид вяжущих	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, час		Прочность (МПа) цементного камня, твердевшего в течение, сут:				
		начало	конец	1	3	7	14	28
Цемент	27,2	1ч 10мин	3ч 20мин	10,3	17,8	24,4	35,9	41,4
Цемент с добавкой 15% необожженных хвостов КОФ	26,3	50 мин	2ч 40мин	11,5	19,2	28,4	37,7	43,3
Цемент с добавкой 10% обожженных хвостов КОФ	31,3	2ч 55мин	5ч 00мин	6,5	9,8	12,5	15,3	17,8

Как видно из приведенных данных скорость набора прочности цементного камня повышается, поэтому прочность его через сутки достигает 11,5 МПа (вместо 41,4 МПа), а после 28 сут. твердения она достигает 43,3 МПа (вместо 41,4 МПа).

Положительное влияние необожженных хвостов карбонатных руд на физико-механические свойства цементного теста и камня обусловлено, проявлением свойств хвостов обогащения карбонатных руд в твердеющей системе, выражающихся в: каталитическое действие; повышение щелочности среды; образование центров кристаллизации и подложек гидратных фаз; улучшение гранулометрического состава вяжущих; изменении условий кристаллизации продуктов гидратации.

Введение обожженных хвостов карбонатных руд в состав цементного теста оказывает отрицательное влияние на свойства цементного теста и цементного камня, а именно: водопотребность цементного теста увеличивается, поэтому нормальная густота его в присутствии извести возрастает до 31,3 % против 27,2 %; скорость твердения цементного теста замедляется, поэтому начало схватывания 5-00 час-мин, против 3-20 час-мин; прочность цементного камня через сутки составляет 6,5 МПа, тогда как без добавки извести – 10,3 МПа, а после 28 сут. твердения – 17,8 МПа (против 41,4 МПа).

Отрицательное влияние извести на физико-механические свойства цементного теста и цементного камня обусловлено ее гидратационными свойствами.

При переходе  $\text{CaO}$  в  $\text{Ca(OH)}_2$  часть воды твердеющей системы расходуется, что приводит к увеличению ее водопотребности, как следствие – повышению величины нормальной густоты.

Скорость твердения гидратированной извести  $[\text{Ca(OH)}_2]$  существенно ниже по сравнению со скоростью твердения гидратационных фаз цемента, следовательно наличие  $\text{Ca(OH)}_2$  в твердеющей системе в большом количестве не будет способствовать увеличению прочности последней. Положительное влияние заключается в том, что присутствие извести существенно улучшает некоторые технологические свойства штукатурных растворов, а именно: повышаются водоудерживающие свойства смеси, что способствует продолжительности операции штукатурных работ; улучшается пластичность и удобоукладываемость смеси, что облегчает проведение различных операций; повышается белизна штукатурки, существенно отражающая степень декоративности стен [80-81].

В таблице 2.19 приведены физико-механические свойства затвердевших в течение 28 суток цементных и известково-цементных растворов М 75(~В5.5).

Из представленных данных следует, что при введении необожженных хвостов карбонатных руд прочность цементных растворов достигает значения характерных для более высоких марок раствора, сцепление с основанием достигает 0,35 МПа и морозостойкость до 20 циклов.

Таблица 2.19 – Физико-механические свойства затвердевших цементных и известково-цементных растворов М 75(~В5.5)

Вид вяжущих	Прочность МПа		Морозостойкость, цикл	Водоудерживающая способность, %
	При сжатии	При сцеплении		
Цемент	7,8	0,3	17,0	65,8
Цемент с добавкой 15% необожженных хвостов КОФ	9,7	0,35	20,0	78,4
Цемент с добавкой 10% обожженных хвостов КОФ	5,5	0,25	10,0	60,7

В присутствии обожженных хвостов карбонатных руд прочность раствора снижается и характерно для более низких марок раствора, сцепление и морозостойкость также снижаются и соответственно составляют 0,25 МПа и 10 циклов. Водоудерживающая способность контрольных растворов достигает 65,8 %; при добавке необожженных хвостов карбонатных руд она снижается и составляет 60,7 %, а при добавке обожженных хвостов КОФ, она - наоборот, повышается, составляя 78,4 %.

В таблице 2.20 приведены физико-механические свойства модифицированных цементных растворов с добавкой хвостов обогащения карбонатных руд, из которой следует, что цементный раствор без полимерных добавок имеет следующие характеристики: водоудерживающая способность – 65,8 % ; прочность при сжатии 7,8 МПа, при сцеплении с основанием – 0,3 МПа; морозостойкость – 15 циклов. При введении в цементный раствор полимерных добавок его физико-механические свойства улучшаются и имеют следующие характеристики: водоудерживающая способность – 95,7 - 99,3 % ; прочность при сжатии 7,9-9,3 МПа, при сцеплении с основанием – 0,38-0,4 МПа; морозостойкость – 20-25 циклов.

Результаты исследования показали, что тонко-зернистые хвосты карбонатных руд до и после обжига являются эффективными компонентами гипсовых и цементных растворов, используемые для штукатурных работ. Полимерные функциональные добавки существенно улучшают основные физико-механические свойства штукатурных материалов, в особенности: водоудерживающую способность; прочность при сцеплении с основанием; морозостойкость.

Таблица 2.20 – Физико-механические свойства модифицированных цементных растворов с добавкой хвостов обогащения карбонатных руд

Вид раствора	Вид полимерных добавок, %	Содержание полимерных добавок, %	Водоудерживающая способность, %	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сцеплении, МПа	Морозостойкость, цикл
Цементный	–	–	65,8	7,8	0,3	15
Цементный с добавками	Мовилит	3,0	95,7	8,6	0,4	20
	Тилоза	0,6	96,5	7,9	0,38	20
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	98,7	9,3	0,83	20
Цементный с добавкой 15% необоженных хвостов КОФ	–	–	60,7	9,7	0,35	20
	Мовилит	3,0	96,9	10,5	0,5	25
	Тилоза	0,6	97,7	9,3	0,40	25
	Мовилит	1,0 + 0,4	99,8	11,7	0,80	30
	+Тилоза					
Цементный с добавкой 10% обожженных хвостов КОФ	–	–	78,4	5,5	0,25	10
	Мовилит	3,0	98,0	6,7	0,38	20
	Тилоза	0,6	98,5	6,0	0,36	20
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	99,3	7,3	0,75	25

С целью изучения влияния хвостов обогащения полиметаллических руд на гипсовые растворы было приготовлено 3 состава гипсовых растворов:

– гипсовые растворы, состоящие только из строительного гипса, использованного нами в качестве эталонного материала;

– гипсовый раствор с добавкой 15% необоженных хвостов обогащения карбонатных руд;

– известково-гипсовый раствор с добавкой 30% обожженных хвостов обогащения карбонатных руд. При этом соотношение известь: гипс составляет 1:3;

Приготовленные составы были проанализированы по 11 позициям. Результаты анализа приведены в таблице 2.21 и 2.22. Из приведенных данных следует, что гипсовый камень из строительного гипса с добавкой 15% необоженных хвостов обогащения и без нее удовлетворяют и требованиям КР СТ 1168-2006.

Введение в гипсосодержащих растворы хвостов обогащения карбонатных руд снижает водопоглощение и расслаиваемость, повышает водоудерживающую способность и растекаемость.

Таблица 2.21 – Физические свойства гипсосодержащих растворов

Характеристика (показатели)	Ед.измерения	Гипсовое вяжущее без добавки	Гипсовое вяжущее +15% необоженных хвостов обогащения	Известково-гипсовое вяжущее при И:Г= 1:3
1	2	3	4	5
Истинная плотность	кг/м <sup>3</sup>	2600	2725	2790
Насыпная плотность: – в рыхлом состоянии – в уплотнённом состоянии	кг/м <sup>3</sup>	950 1350	1100 1425	890 1270
Тонина помола по остатку на сите N = 0,2	%	2,0	3,5	2,2
Удельная поверхность	м <sup>2</sup> /кг	450	400	500
Нормальная густота	%	60	50	–
Водопоглощение	%	55	50	–
Марка подвижности растворов	Пк	Пк3– Пк4	Пк3– Пк4	Пк3– Пк4
Водоудерживающая способность	%	90	92	94
Растекаемость	см	22	25	20
Расслаиваемость	%	6	5,3	4,0

Таблица 2.22 – Физико-механические свойства затвердевших гипсосодержащих растворов

Вид раствора	Прочность, МПа		Водопоглощение, %	Морозостойкость, цикл	Сцепление с основанием, МПа
	При сжатии	При изгибе			
Гипсовый	6,3	3,0	26	15	0,3
Гипсовый с добавкой 15% необоженных хвостов КОФ	6,8	3,5	23	15	0,35
Известково-гипсовый при соотношении компонентов 1:3	5,5	2,8	30	10	0,28

У известково-гипсового камня прочность на сжатие достигает 5,5 МПа, на изгиб - 2,8 МПа, водопоглощение 30 %, морозостойкость -10 циклов, сцепление с основанием – 0,28 МПа.

С целью повышения сцепления с основанием и повышения вододерживающей способности было проведено исследование с введением в состав гипсосодержащих вяжущих полимерных добавок.

Результаты исследования влияния модифицирующих добавок приведены в таблице 2.23.

Таблица 2.23 – Физико-механические свойства модифицированных гипсовых растворов с добавкой хвостов обогащения карбонатных руд

Вид раствора	Вид полимера	Содержание полимера, %	Водоудерживающая способность, %	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сцеплении, МПа	Морозостойкость, цикл
Гипсовый	–	–	90*	6,3	0,3	15
	Мовилит	3,0	96	7,5	0,4	20
	Тилоза	0,6	98	6,8	0,38	20
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	99	8,9	0,6	25
Гипсовый с добавкой 15% необоженных хвостов КОФ	–	–	92*	6,8	0,35	15
	Мовилит	3,0	95	7,5	0,5	20
	Тилоза	0,6	96	6,3	0,45	20
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	98	8,6	0,75	25

Известково-гипсовый при их соотношении	–	–	94*	5,5	0,28	10
	Мовилит	3,0	97	6,3	0,38	15
	Тилоза	0,6	98	5,2	0,36	15
	Мовилит +Тилоза	1,0 + 0,4	99	7,5	0,66	25
ПРИМЕЧАНИЕ - * Продолжительность водоудерживающей способности немодифицированных гипсовых растворов – до минуты						

Модифицирование гипсовых растворов путём введения в их состав полифункциональных полимерных добавок способствует улучшению их физико-механических свойств, как следует из данных таблицы.

Полимерные добавки эффективно действуют на водоудерживающую способность, прочность при сцеплении и морозостойкость гипсовых растворов. Причем, позитивное влияние полимерных добавок возрастает в ряду: гипсовый < гипсовый с добавкой 15% необоженных хвостов карбонатных руд < известково-гипсовый.

Водоудерживающая способность раствора в присутствии добавок возрастает от 90-94 % без добавки до 96-99 % с добавкой. Наибольшей водоудерживающей способностью обладает известково-гипсовый раствор с комплексной добавкой, состоящей из мовилита и тилозы. Прочность при сцеплении с основанием возрастает от 0,28-0,35 МПа без добавки до 0,38-0,75 МПа с добавкой; при этом наибольшей прочностью при сцеплении обладает гипсовый раствор с 15 % необоженных хвостов КОФ и комплексной полимерной добавкой. Морозостойкость возрастает от 10-15 циклов без добавки до 20-25 циклов с добавкой. Наибольшей морозостойкостью обладают хвостосодержащие гипсовые растворы с комплексной полимерной добавкой.

Полимерные функциональные добавки оказывают меньшее положительное влияние на прочность гипсовых растворов на сжатие. Наибольший положительный эффект на физико-механические свойства гипсовых растворов оказывают комплексные добавки, наименьший – тилоза; мовилит занимает промежуточное положение.

Также были испытаны новые составы строиматериалов .на основе хвостов обогащения асбестовых руд.

Хризотил – асбест Житикаринского месторождения уникальное сырьё, обладающее рядом исключительных физико-химических свойств, таких как термостойкость, низкая тепло и электропроводимость, высокий коэффициент трения, эластичность, прочность, армирующая и адсорбционная способность, щелочестойкость.

Изделия полученные с использованием хризотил-асбеста имеют высокую механическую прочность при изгибе, небольшую

плотность, малую теплопроводимость, стойки против выщелачивания минерализованными водами, низкую водопроницаемость и высокую морозостойкость [81,90,91].

Поскольку асбест обладает высокой биологической активностью, то широкое его использование в настоящее время ограничено. В России в соответствии с гигиеническими нормативами ГН 2.1.2/2.2.1 1009-00 и санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.3.757-99 разработан перечень асбоцементных материалов и конструкций разрешенных к применению в строительстве который приведен в таблице 2.24.

Таблица 2.24 – Перечень асбоцементных материалов и конструкций разрешенных к применению в строительстве

Наименование материала или изделия
Асбестоцементные материалы и изделия для кровли
Листы асбестоцементные волнистые
Листы асбестоцементные плоские
Листы асбестоцементные волнистые профиля 51/177 с асимметричными кромками
Плитки асбестоцементные плоские прессованные и детали к ним
Асбестоцементные окрашенные водно- дисперсионными красками листы волнистые, плитки плоские прессованные и детали к ним
Асбестоцементные трубы и муфты
Трубы и муфты асбестоцементные напорные
Трубы и муфты асбестоцементные для безнапорных трубопроводов
Трубы и муфты асбестоцементные тонкостенные для безнапорных трубопроводов
Трубы и муфты асбестоцементные для теплопроводов
Детали асбестоцементные цилиндрические для мусоропроводов
Асбестоцементные изделия специального назначения
Настилы пометные асбестоцементные для клеточных батарей (КБН)
Листы асбестоцементные плоские для ограждения балконов и лоджий
Доски асбестоцементные электротехнические дугостойкие АЦЭИД
Панели асбестоцементные экструзионные стеновые
Плиты подоконные асбестоцементные экструзионные
Листы асбестоцементные плоские для оросителей градирен
Короба асбестоцементные прямоугольного сечения и муфты к ним
Прокладки и плиты для индукционных тигельных печей
Полуцилиндры раструбные и безраструбные для изоляции теплопроводов

Хризотил – асбест Житикаринского месторождения самый безопасный среди минералов асбестовых групп. Замеры радиоактивности асбеста и асбестосодержащих пород в карьере Житикаринского месторождения показали незначительную мощность дозы излучение -10-14мкР/ч. Согласно классификации строительных материалов по мощности экспозиционной дозы гамма-излучения хризотил асбест относится к первому классу материалов, т.е. возможны все виды его использования без ограничения [82-83].

Промышленные руды содержат волокно длиной от 16-18 мм до 0,5 мм. Среднее содержание асбеста в залежах 4,7-2,9 %.

К сожалению, при обогащении этого сырья до 90% уходит в отходы. В настоящее время отходы обогащения представляют собой силикатно-магнезиальные сырье, содержащее 0,4-0,8 % асбеста мелких классов, ниже 0,5 мм.

Технологическими схемами обогатительного комплекса АО «Костанайские минералы» предусмотрено получение из отходов обогащения щебня фракций 3-10 мм, посыпки крупнозернистой мягкой кровли ПК -1,25 и смеси песчанощебеночной, используемой для балластировки железнодорожных путей. Средний годовой уровень использования технологических отходов – 20-24 % и проблема их утилизации остается достаточно острой.

Поиск технологических решений по вовлечению в переработку хвостов обогащения хризотил асбестовых руд продолжается.

Разработана технология получения теплоизоляционных строительных материалов на основе отходов обогащения асбестовых руд. Технологический процесс производства включает смешивание асбестосодержащих отходов с порландцементом и молотым доменным шлаком, с последующим введением жидкого стекла, затворением водой и введение в полученную смесь газообразователя.

В результате авторами получен материал с использованием асбестовых отходов, обладающий хорошей теплостойкостью (600 °С) и высокой пористостью. Высокая пористость и равномерность структуры обеспечивают низкую теплопроводность.

С целью расширения возможности использования отходов асбестового производства проведено исследование этого вида сырья. На первом этапе измельченные хвосты обогащения смешивались с водой при интенсивном перемешивании. Полученная суспензия расслоилась на 3 гравитационные фракции: легкая асбестовая фракция – (35-40 % от общей массы), вторая легкая серпентиновая фракция – (50-59 %) и тяжелая магнетитовая фракция – (15-20 %) с содержанием магнетита до 10 %. Каждая фракция была высушена и проведен химический анализ.

Анализ магнетитовой фракции показал, что она представлена окислами железа (до 55 %), соединениями никеля (0,06-0,2%), кобальта (0,012-0,024 %), хрома (0,9-2,58 %).

Асбестовая фракция представлена асбестом малой длины волокна. В соответствии с требованиями «ГОСТ 30340-95» эта фракция может быть рекомендована в качестве добавки при производстве шифера и асбоцементных конструкций, как наполнитель при производстве огнеупорных красок, как заменитель минеральной ваты и технического войлока.

Серпентиновая фракция по объемам составляет половину всей массы отходов. Анализ физико-химических свойств этой фракции показал, что она может быть использована в качестве добавки в обычные портландцементы без какой-либо дополнительной обработки.

При доизмельчении эта фракция представляет собой ценный продукт – никель-кобальтовый флотоконцентрат, в котором содержится до 25 % никеля, до 0,66% кобальта, цинк, медь, золото, серебро, платиноиды и другие элементы, ценность которых на настоящее время не установлена.

В национальном центре по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан разработана технология комплексной переработки отходов обогащения хризотил асбестового производства с получением магнезита и его соединений.

Эти данные показывают, что использование отходов обогащения асбестовых руд Житикаринского месторождения для получения строительных материалов приведет к безвозвратной потере ценного источника востребованной продукции. В перспективе, с разработкой рентабельной технологии извлечения рудных компонентов, отходы асбестового производства представляют определенную ценность.

В результате проведенных исследований были получены составы сухих смесей, содержащих цемент и хвосты обогащения Жезказганский ОФ соответствующие маркам кладочных и штукатурных материалов: М 25 (класс В2), М50 (класс В3), М 150 (класс В10), М200 (класс В15). Определение плотности растворных смесей показало, что все они относятся, в соответствии с ГОСТом 28013-98 к легким растворным смесям, так как плотность их не превышает 1500,0 кг/м<sup>3</sup>. По таким показателям как прочность при сжатии и сцеплении с основанием на отрыв смесей М 150, М 200 удовлетворяют требованиям КР СТ 1168-2006 кроме смесей М 25 (класс В2) и М 50 (класс В3).

Смеси марки М 75(~В5.5) можно использовать в качестве кладочного раствора, но нельзя его применять в качестве штукатурного раствора, согласно требованиям КР СТ 1168-2006 прочность сцепления растворов с основанием на отрыв для кладочных должна быть более 0,3 МПа;

Смеси марки М150(~В 10) и М200(~В 15) по физико-механическим свойствам отвечают всем требованиям КР СТ 1168-2006, поэтому могут быть использованы в качестве как кладочных, так и штукатурных растворов.

Следовательно, хвосты ЖезОФ могут быть использованы в качестве мелкого заполнителя для получения кладочных и штукатурных растворов. При этом марка их может колебаться в пределах М 25 (В 2) - М 200 (В15). Низкомарочные растворы имеют низкую прочность при сцеплении с основанием.

Исследование показали, что функциональные полимерные добавки существенно улучшают физико-механические свойства кладочных и штукатурных растворов на основе хвостов обогащения ЖезОФ, в особенности: водоудерживающую способность, она достигает 97,3-98,9 % с добавкой, тогда как без добавки – 66,8 %; прочность при сцеплении с основанием, она достигает 0,48-0,9 МПа с добавкой, тогда как без добавки – 0,28-0,3 МПа; морозостойкость, она достигает 15-35 циклов с добавкой, тогда как без добавки – 10-25 циклов.

Наиболее перспективными композициями следует считать сухие смеси М100 (класс В 7,5), М 150 (класс В 10), М200 (класс В 15 ). Например, раствор М100 (класс В 7,5) содержащий: цемента 169,0 кг/м<sup>3</sup>, хвостов обогащения 1158,0, воды 85 кг/м<sup>3</sup>, мовилита и тилозы 0,5-3,0% характеризуется высокой водоудерживающей способностью (93,80-99,70), прочность затвердевшего камня при сжатии (12,80-13,4 МПа) , прочность раствора при сцеплении с основой (0,67-0,83) и морозостойкостью (30-35 циклов замораживания).

Анализ результатов исследований по получению строительных материалов с использованием отходов обогащения полиметаллических руд Кентауской ОФ показал, что тонкозернистые хвосты до и после обжига являются эффективными компонентами гипсовых и цементных растворов, используемых для штукатурных работ.

Полимерные функциональные добавки существенно улучшают основные физико-механические свойства штукатурных материалов, в особенности: водоудерживающую способность, прочность при сцеплении с основанием, морозостойкость.

Сухие смеси содержащие 15% необоженных хвостов, строительный полуводный гипс класса не ниже Г-4, могут использоваться для приготовления гипсовых растворов, которые характеризуются высокой водоудерживающей способностью (96,0-99,0%). Прочность затвердевшего камня достигает 7,5-8,9 МПа, прочность при сцеплении с основой 0,4-0,6 МПа, морозостойкость 20-25 циклов. Такие гипсовые растворы в соответствии с требованием КР СТ 1168-2006 можно использовать для

оштукатуривания внутренних помещений с нормальным влажностным режимом.

Из обожженных хвостов и гипса с соотношением 1:3 (при необходимости допускаются соотношения 1:2 и 1:1) можно получать известково-гипсовые растворы. К готовому известково-гипсовому раствору дополнительно вводятся необоженные хвосты в количестве 15 % от общей массы известково-гипсового раствора и полимерные добавки - мовилит 1 % и тилоза 0,4%. Водоудерживающая способность таких растворов составляет 95-98,0%, прочность при сжатии 7,5-8,6, прочность при сцеплении с основанием 0,5-0,75 МПа морозостойкость 20-25 циклов. В соответствии с требованиями КРСТ 1168-2006 известково-гипсовые растворы можно использовать для оштукатуривания внутренних помещений с нормальным влажностным режимом. При определенных условиях такие растворы могут быть применены для обрызга грунта и накрывки.

Цементные растворы состоящие из цемента и песка с добавлением к ним до 15 % необоженных хвостов обогащения и функциональных добавок - мовилита 3,0 %, тилоза 0,4 %, характеризуются следующими показателями: водоудерживающая способность 96,9-99,8, прочность при сжатии 10,5-11,7МПа, прочность при сцеплении с основанием 0,5-0,8МПа, морозостойкость 25-30 циклов. Цементно-песчаные растворы добавкой до 15 % хвостов обогащения в соответствии КР СТ 1168-2006 можно использовать для оштукатуривания нижних частей фундаментов, находящихся во влажной среде, цоколей, наружных стен зданий. Растворы содержат на одну объемную часть цемента от 1 до 6 объемных частей песка и 15 % необожженных хвостов по массе.

Известково-цементные растворы состоящие из обожженных или необожженных хвостов, цемента, песка, характеризуются следующими показателями: водоудерживающая способность 97,0-99,0, прочность при сжатии 6,3-7,5МПа, прочность при сцеплении 0,38-0,66, морозостойкость 15-20 циклов. Известково-цементные растворы в соответствии с требованиями КР СТ 1168-2006 применяют для оштукатуривания наружных стен, увлажняемых частей зданий, а также бань, влажных помещений, цоколей и т.д.

Таким образом, получение сухих строительных смесей на основе хвостов обогащения ЖезОФ и КОФ в сочетании с современными функциональными добавками вполне реально. По физико-механическим свойствам они удовлетворяют предъявляемым требованиям, а стоимость их значительно ниже и они вполне могут быть конкурентоспособными.

Анализ хвостов обогащения асбестовых руд, изучение возможных направлений их переработки, показал, что использование этого техногенного сырья для производства строительных материалов не

целесообразно. Отходы обогащения содержат ценные металлы, такие как никель, кобальт, цинк, медь, золото, серебро, платиноиды. В перспективе с разработкой рентабельной технологической схемы извлечения рудных компонентов из отходов асбестового производства, они станут источником ценных металлов и, в том числе, драгоценных. Результаты исследования по комплексной переработке отходов обогащения хризотил асбестового производства проведенные в РГП (Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья) подтверждают наши выводы о нецелесообразности использования отходов для производства строительных материалов.

## **2.4 Разработка составов композиций сухих строительных смесей**

Исследование кинетики твердения и прочности цементно-песчаных растворов проведенное авторами [89] на отходах обогащения руд цветных металлов Жезказганского, Ащысайского месторождения показало, что прочность твердеющего материала зависит от его минерального состава и связана с процессами взаимодействия тонкодисперсной части отходов с клинкерными минералами. Кроме того, эти показатели зависят от адсорбционной и адгезионной активности материалов, смачиваемости. Взаимодействие зерен хвостов обогащения с цементным раствором определяется строением кристаллов, микрорельефом их поверхности пористостью и гидрофильностью или гидрофобностью зерен. Для гладких и гидрофобных поверхностей характерно резкое падение сцепления камня вяжущего с зернами заполнителя и микрозаполнителя. На шероховатых и гидрофильных поверхностях проявляется эпитаксическое срастание новообразований цементного камня с контактными слоями заполнителя. Прочность, образующейся в процессе твердения смеси зависит также от прочности используемого заполнителя и сцепления камня вяжущего с зернами заполнителя [84-85].

Результаты исследования гранулометрического и минералогического состава хвостов обогащения Жезказганской обогатительной фабрики и хвостов обогащения полиметаллических руд Миргалымсайского месторождения показали возможность использования этого техногенного сырья в качестве исходного материала для получения шихты различного состава и назначения, так как именно зерна карбонатных минералов (кальцита и доломита) и поверхность чистого кварца и полевого шпата обеспечивают высокопрочные связи с клинкером.

Кроме этого, как показали исследования авторов [83-84]: тонкодисперсные частицы карбонатов служат центром кристаллизации подложкой для новообразований: при этом, чем выше ориентация

нарастающих кристаллов продуктов твердения на поверхности подложки, тем больше прочность цементного камня и бетона.

Основные процессы формирования свойств строительных растворов определяются взаимодействиями в системе «минеральное вяжущее - заполнитель – вода, но введение в такую систему неорганических и органических модифицирующих добавок позволяет изменять практически все характеристики материала и получать строительные растворы с заданными свойствами, предназначенные для применения в различных, включая экстремальные, условиях. Применение модифицирующих добавок в составах сухих строительных растворных смесей позволяет изменять в широких пределах их технологические свойства

#### **2.4.1 Оптимизация технологических параметров получения композиционных материалов с использованием отходов обогащения Жезказганской и Кентауской обогатительной фабрики**

Оптимальными технологическими параметрами считаются такие параметры технологии получения сухих строительных смесей (ССС), которые при наименьших расходах вяжущих обеспечивают необходимую прочность и в течение 28 суток твердения обеспечивают.

Технологический процесс производства композиционных материалов ССС состоит из ряда самостоятельных операций. Их можно условно разделять на: основные, вспомогательные, транспортные.

К основным операциям относятся: подготовка исходных сырьевых материалов, дозирование исходных сырьевых материалов, смешивание сырьевых материалов в заданных соотношениях в однородную массу, упаковка готовой продукции.

К вспомогательным операциям относятся: подача воды, сжатого воздуха и электроэнергии, складирование исходных сырьевых материалов и готовой продукции, пооперационный контроль и контроль качества готовой продукции, и др., необходимые для выполнения основных операций.

К транспортным относят перемещение материалов и готовой продукции без изменения их состояния и формы.

Все вышеуказанные технологические параметры (факторы) взаимосвязаны и не могут быть рассмотрены изолировано друг от друга. Среди технологических факторов главной является скорость смешивания исходных сырьевых материалов в заданных соотношениях для получения однородной продукции.

Следовательно, скорость смешивания исходных сырьевых материалов в заданных соотношениях для получения однородной готовой продукции

является лимитирующей, а скорость остальных факторов технологической линии должна задаваться таким образом, чтобы была зависима от скорости технологического процесса получения композиционных материалов.

Вне технологической линии, состоящей из основного и транспортного оборудования, предназначенного для выполнения операций в определенной последовательности, остается состав композиционных материалов, который устанавливают расчетно-экспериментальным путем с последующей оптимизацией его.

Оптимизацию составов композиционных материалов для кладочных и штукатурных работ, осуществляют следующим образом: выбор и определение характеристики исходных материалов для композиционных модифицированных строительных сухих смесей; расчетно-экспериментальный начальный состав композиции; расчетно-экспериментальные дополнительные составы композиции, отличающиеся от принятых в начальном составе в большую и меньшую стороны; получение пробных замесов начального и дополнительного состава, отбор проб и испытание растворной смеси, изготовление образцов и их испытание по всем нормируемым показателям качества. Обработка полученных результатов с установлением зависимостей, отражающих влияние параметров состава на нормируемые показатели качества растворной смеси и затвердевшего раствора. Полученные данные позволяют оптимизировать технологические параметры получения композиционных материалов.

Исходя из этих положений в первую очередь осуществляем расчет начального состава композиции, свойства которой приведены в таблице 2.26

Как видно из приведенных данных прочность при сжатии композиции из расчетно-экспериментального начального состава несколько превышает их заданную марку. Прирост прочности низкомарочных композиций достигает +4 %, а высокомарочных – +9...+11,5 %. По прочности сцепления с основанием удовлетворяют требованиям только высокомарочные композиции. Средняя плотность композиции колеблется в пределах 1371-1449 кг/м<sup>3</sup>. Прочность при сжатии композиции из расчетно-экспериментального дополнительного состава, где содержание цемента, хвостов и воды уменьшено на 15 % по сравнению с содержанием в начальном составе существенно снижается, достигая 17-39 % от их марочных показателей, а по прочности сцепления с основанием не соответствует требованиям. Композиции М25 (~В2)- М100 (~В7,5). Композиции при этом становятся легче и их плотность колеблется в пределах 1167-1232 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2.25 – Расчетно-экспериментальный начальный состав композиции и прочностные характеристики

Марка (класс) композиции	Расход исходных материалов, кг/м <sup>3</sup>			Средняя плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Прирост прочности в %	Прочность при сцеплении, МПа	Прочность сцепления, МПа	Прирост прочностного сцепления, %
	цемент	хвосты	вода						
M25 (~B2)	95	1227	49	1371	2,6	+4,0	0,2	0,30/0,35	-33/-43
M50 (~B3)	128	1200	65	1393	5,2	+4,0	0,28	0,30/0,35	-7/-20
M75 (~B5,5)	137	1186	69	1392	7,8	+4,0	0,3	0,30/0,35	0/-14
M100 (~B7,5)	169	1158	85	1412	10,9	+9,0	0,35	0,30/0,35	+17/0
M150 (~B10)	224	1116	112	1452	16,1	+7,3	0,38	0,30/0,35	+27/+9
M200 (~B15)	271	1044	134	1449	22,3	+11,5	0,4	0,30/0,35	+33/+14

*Примечание.* Над чертой показана прочность сцепления кладочных растворов, под чертой – штукатурных

В таблице 2.26 приведены расчетно-экспериментальные дополнительные составы композиции, отличающиеся от принятых в начальном составе с уменьшением на 15 %

Таблица 2.26 – Расчетно-экспериментальный дополнительный состав композиции и прочностные характеристики

Марка (класс) композиции	Расход исходных материалов, кг/м <sup>3</sup>			Средняя плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Убыль прочности, %	Прочность при сцеплении, МПа	Прочность сцепления, МПа	Соответствие прочности НД
	цемент	хвосты	вода						
M25 (~B2)	81	1043	42	1167	1,6	-39	0,15	0,30/0,35	нет
M50 (~B3)	109	1020	56	1185	4,3	-17	0,20	0,30/0,35	нет
M75 (~B5,5)	117	1080	59	1184	6,0	-23	0,27	0,30/0,35	нет
M100 (~B7,5)	144	984	73	1201	7,3	-33	0,29	0,30/0,35	нет
M150 (~B10)	191	949	95	1234	10,8	-33	0,33	0,30/0,35	нет
M200 (~B15)	231	887	114	1232	15,7	-30	0,37	0,30/0,35	нет

*Примечание.* Над чертой показана прочность сцепления кладочных растворов, под чертой – штукатурных

Прочность при сжатии композиции из расчетно-экспериментального дополнительного состава, где содержание цемента, хвостов и воды увеличено на 15 % по сравнению с их содержанием в начальном составе существенно возрастает, достигая 27-33 % от их марочных показателей и по прочности сцепления с основанием соответствует требованиям за исключением композиции М25 (~В2). Композиции становятся тяжелее и их средняя плотность достигает 1576-1660 кг/м<sup>3</sup>; т.е. при уменьшении содержания компонентов в составе композиций показатели прочностных характеристик последних существенно снижаются, а при увеличении их, наоборот, эти показатели значительно возрастают.

В таблице 2.27 приведены расчетно-экспериментальные дополнительные составы композиции, отличающиеся от принятых в начальном составе с увеличением на 15 % .

Таблица 2.27 – Расчетно-экспериментальный дополнительный состав композиции, ее прочностных характеристики

Марка (класс) композиции	Расход исходных материалов, кг/м <sup>3</sup>			Средняя плотность композиционной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии после 28 сут. твердения, МПа	Прирост (+) или убыль (-) прочности по сравнению с прочностью начального состава, %	Прочность при сцеплении после 28 сут. твердения, МПа	Прочность сцепления по СТ РК 1168-2006, МПа	Соответствие прочности НД
	цемент	хвосты	вода						
М25 (~В2)	109	1411	56	1576	3,3	+27	0,28	0,30/0,35	Нет
М50 (~В3)	147	1380	74	1601	6,6	+27	0,31	0,30/0,35	Да
М75 (~В5,5)	157	1364	79	1600	9,3	+27	0,35	0,30/0,35	Да
М100 (~В7,5)	194	1336	97	1623	14,3	32	0,37	0,30/0,35	Да
М150 (~В10)	261	1283	129	1670	21,5	33	0,41	0,30/0,35	Да
М200 (~В15)	312	1201	154	1660	28,4	27	0,43	0,30/0,35	да

*Примечание.* Над чертой показана прочность сцепления кладочных растворов, под чертой – штукатурных

Сравнивая показатели прочностных характеристик композиций расчетно-экспериментального начального состава с одной стороны, с показателями прочностных характеристик композиций расчетно-экспериментальных дополнительных составов – с другой, можно констатировать, что начальный состав ближе к оптимальному, поскольку: начальный состав соответствует заданной марке композиций с некоторым превышением их прочности. Следует отметить, что через год образцы, хранившиеся во влажной среде, повышают прочность на одну марку (таблица 3.4). Дополнительный состав со снижением содержания его составляющих не соответствуют заданной марке. Следовательно, этот состав рекомендовать для получения кладочных и штукатурных растворов не целесообразно. Дополнительный состав с повышенным содержанием его составляющих также не рекомендуется, так как при этом наблюдается перерасход материалов, в особенности вяжущих (цемента). Существенно возрастает масса композиции, что весьма нежелательно. Значительно возрастает усадка, приводящая к повышению трещин в теле затвердевших композиций и т.д.. Один из главных показателей – прочность сцепления с основанием повышается совсем незначительно. При вводе функциональных добавок возникает необходимость оптимизировать состав композиции. Следовательно, более целесообразно оптимизацию проводить на основе расчетно-экспериментального начального состава. В таблице 2.28 приведены результаты испытаний композиции в состав которых введены функциональные добавки – мовилит- 1% и тилоза 0,4% и хранившиеся во влажной среде в течение 28 суток, а также 6 и 12 месяцев выдержки.

Таблица 2.28 – Изменение прочности образцов начального состава размером 7x7x7 см, хранившихся во влажной среде в течение года

Марка (класс) композиции	Изменение прочностных характеристик образцов, хранившихся во влажной среде в течение:					
	28 суток		6 месяцев		12 месяцев	
	прочность (МПа) при:		прочность (МПа) при:		прочность (МПа) при:	
	сжатии	сцеплении	сжатии	сцеплении	сжатии	сцеплении
M25 (~B2)	2,6/3,1	0,2/0,38	2,9/3,8	0,25/0,43	3,5/3,9	0,32/0
M50 (~B3)	5,2/6,8	0,28/0,59	6,9/7,9	0,33/0,68	7,3/8,1	0,38/0,71
M75 (~B5,5)	7,8/8,8	0,3/0,72	8,5/10,5	0,41/0,79	8,9/11,3	0,45/0,83
M100 (~B7,5)	10,9/13,4	0,35/0,83	13,4/14,9	0,49/0,88	14,9/15,4	0,53/0,91
M150 (~B10)	16,1/20,9	0,38/0,91	18,3/22,3	0,53/0,99	20,3/23,8	0,57/1,1
M200 (~B15)	22,1/25,3	0,4/0,99	24,8/27,8	0,62/1,1	26,5/28,7	0,69/1,3
<i>Примечание.</i> Над чертой данные, полученные без функциональных добавок, под чертой – с функциональной добавкой, состоящей из мовилита (1 %) + тилозы (0,4 %)						

Из таблицы 2.28 видно, что: прочностные характеристики композиций с функциональной добавкой и без нее улучшаются; прочность при сжатии композиций, хранившихся в течение года во влажных условиях может возрасти до высокой марки, а прочность сцепления с основанием может возрасти на 10-30 %. Испытание композиции в течение 28 суток твердения, показали, что прочность образцов при сжатии со временем возрастает в большей степени, чем прочность их при сцеплении с основанием. С повышением расхода цемента прирост прочностных характеристик композиций больше, чем при его меньшем расходе. На прирост прочностных характеристик композиций положительно влияет функциональная добавка [87-88].

Анализ данных, приведенных в таблицах 2.26-2.29 показал, что оптимальный состав может быть получен путем снижения (от расчетного): цемента – около 10 %; песка – более 10 %; воды – менее 10 %; тилозы – около 25 %, мовилита – более 20 %.

В таблице 2.29 приведены физико-механические свойства композиции оптимальных составов соответствующие требованиям стандарта.

Таблица 2.29 – Оптимальный состав композиций материалов и их прочностные характеристики после 28 суток твердения

Марка (класс) композиции	Оптимальный расход исходных материалов, %			Содержание функциональных добавок, %	Водоудерживающая способность, %	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сцеплении, МПа
	цемент	хвосты	вода				
M25 (~B2)	85	1349	45	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	98,0	2,6	0,33
M50 (~B3)	116	1320	56	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	98,2	5,9	0,43
M75 (~B5,5)	124	1304	62	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	98,4	8,3	0,55
M100 (~B7,5)	153	1273	77	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	98,5	11,2	0,61
M150 (~B10)	202	1227	101	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	98,7	16,8	0,72
M200 (~B15)	244	1148	123	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	98,9	22,1	0,81

В результате проведенных исследований расчетно-экспериментальным путем выбран оптимальный состав композиций, в котором расход цемента, хвостов, воды и функциональных добавок растет с повышением марки композиций. С ростом марки композиций растет также их: средняя плотность, прочность при сжатии, прочность при сцеплении с основанием.

Результаты лабораторных исследований по использованию хвостов обогащения Кентауской обогатительной фабрики (КОФ) показали, что они могут применяться в качестве наполнителя при получения сухих строительных смесей (ССС). Разработаны составы гипсовых сухих смесей, известково - гипсовых, известково-цементных.

Установлено, что содержание наполнителей в сухих строительных смесях не должно превышать не более 15 %. Содержание извести из КОФ в составе отделочного штукатурного слоя зависит от соотношения между цементом и песком в одном случае или от назначения гипсового раствора – в другом. Кроме того, необоженные хвосты КОФ могут быть использованы при приготовлении на их основе полимерной финишной шпаклевки, а обожженные – как известковые растворы:

*Гипсовые сухие смеси* состоят из гипса марке Г4 с добавкой 15 % необоженных хвостов КОФ.

*Известково-гипсовые смеси* состоят из гипса марке Г4 с добавкой 15 % необоженных хвостов КОФ. Экспериментально установлено, что соотношение гипс: обожженные хвосты =1:1; 1:2 и 1:3, которые удовлетворяют требованиям предъявляемым к сухим строительным смесям и получаемым растворам.

*Цементные сухие смеси* состоят из цемента и песка при соотношении от 1:1 до 1:6 с добавкой 15 % необоженных хвостов КОФ.

*Известково-цементные сухие смеси* состоят из обожженных (15 %) хвостов, цемента и песка при соотношении 1:1:6; 1:2:8; 1:2:1; 1:3:12; 1:3:15. Цементные растворы имеют прочность при сжатии 9,75МПа, а при сцеплении 0,35 МПа. При испытаний морозостойкость выдерживают до 19 циклов, водоудерживающие способность до 40%.

Известково -цементные растворы имеют при сжатии 5,5 МПа , а при сцеплении с основанием 0,25МПа. При испытаний на морозостойкость до 9 циклов, водоудерживающая способность до 18%.

Согласно требованиям СТ РК 1168-2006 основными свойствами СССР являются :

– внешний вид, который должен быть однородным по цвету и не содержать посторонних включений, видимых невооруженным глазом; влажность, которая не должна превышать 0,1 % по массе; насыпная плотность, которая должна соответствовать нормативной или технологической документации на конкретный материал. Кроме того

регламентируется прочность на сжатия, морозостойкость, прочность сцепления с основанием и водоудерживающая способность.

Оптимизация состава композиций (ССС) осуществлялся согласно техническим требованиям . Подбор номинального, а затем оптимального состава композиций производили по следующим этапам: выбор и определение характеристик хвостов, цемента, воды и функциональных добавок, расчет начального состава; расчет дополнительных составов композиций с параметрами отличающихся от принятых в начальном составе в большую и меньшую сторону на  $\pm 15...30$  %; изготовление пробных замесов начального и дополнительных составов, отбор проб, испытание растворной смеси, изготовление образцов и их испытание по всем нормируемым показателям качества; получение оптимального состава композиций, обеспечивающего получение растворной смеси и затвердевшего раствора при минимальном расходе цемента и функциональных добавок .

В результате проведенных работ разработаны оптимальные составы в соответствии с предъявляемым требованиям, который приведены в таблице 2.30. Как видно из приведенных данных оптимальные составы растворов, полученных при введении функциональные добавок удовлетворяют требованиям предъявляемым сухим строительным смесям.

Таблица 2.30 – Физико-механические свойства модифицированных растворов с применением хвостов обогащения КОФ и функциональные добавок

Вид раствора	Водоудерживающая способность, %	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сцеплении, МПа	Морозостойкость, цикл
Гипсовый с добавкой 15 % необожженных хвостов КОФ	98,5	8,2	0,60	20
Известково-гипсовый при их соотношении 1:3, а известь получена путем обжига хвостов КОФ	99,1	7,3	0,58	15
Цементный с добавкой 15 % необожженных хвостов КОФ	98,9	10,3	0,70	25
Цементный с добавкой 15 % обожженных хвостов КОФ	99,1	7,8	0,77	25
<i>Примечание:</i> функциональные добавки состоят из 1 % тилозы и мовилита				

Установлено, что содержание наполнителей в сухих строительных смесях не должно превышать 15 %. Содержание извести в составе отделочного штукатурного слоя зависит от соотношения между цементом и песком в одном случае или от назначения от гипсового раствора в другом. Кроме того, необожженные хвосты КОФ могут быть использованы при приготовлении на их основе полимерной финишной шпаклевке, а обожженные – как известковые растворы.

#### **2.4.2 Выбор приоритетных составов композиций и оценка их технико-экономической эффективности**

Обобщая результаты лабораторных исследований можно констатировать что при разработке технологии получения сухих строительных смесей с использованием отходов обогащения Жезказганской и Кентауской фабрик, исполнители принимали во внимание требования ГОСТов, предъявляемых к сухим смесям и получаемым растворам.

При подборе составов композиций был проведен следующий комплекс исследований:

Определены физико-механические свойства вяжущих, наполнителей, пластифицирующих и химических добавок и установлено соответствия требованиям стандартов и технологических условий; рассчитан состав растворной смеси в соответствии с требованиями нормативных документов; приготовлены пробные замесы растворной смеси в соответствии с рекомендациями; оптимизированы составы ССС с использованием хвостов обогащения по данным пробных замесов и испытаниям контрольных образцов.

В результате проведенных подготовительных и экспериментальных работ были разработаны оптимальные составы сухих смесей с использованием хвостов обогащения медных руд Жезказганской ОФ и карбонатных полиметаллических Кентауской ОФ:

*Композиции с использованием отходов обогащения ЖезОФ содержащие следующие компоненты (кг/куб.м)*

1 цемент -85,0, отходы -1349,0, вода -45,0, функциональные добавки -1,1- соответствует марке М25 (класс В2)

2 цемент -116,0, отходы -1320,0, вода -57,0, функциональные добавки -1,1- соответствует марке М50 (класс В3)

3 цемент -121,0, отходы -1304,0, вода -62,0, функциональные добавки -1,1- соответствует марке М75 (класс В5,5)

4 цемент -153,0, отходы -1273,0, вода -77,0, функциональные добавки -1,1- соответствует марке М150 (класс В10)

5 цемент -244,0, отходы -1148,0, вода -123,0, функциональные добавки -1,1- соответствует марке М200 (класс В15)

*Композиции с использованием отходов обогащения КОФ содержащие следующие компоненты (кг/куб.м)*

*Известково-гипсовые смеси* состоят из гипса марки Г4 с добавкой 15 % необожженных хвостов КОФ. Соотношение гипс: обожженные хвосты =1:1; 1:2 и 1:3.

*Цементные растворы* сухие смеси состоят из цемента и песка при соотношении от 1.1 до 1.6 с добавкой 15 % необожженных хвостов КОФ.

*Известково-цементные сухие смеси* состоят из обожженных (15 %) хвостов, цемента и песка при соотношении 1:1:6; 1:2:8; 1:2:1; 1:3:12; 1:3:15

Полученные сухие смеси имеют насыпную плотность ниже 500 кг/м.

Подвижность растворов получаемых из оптимальных составов сухих смесей и варьируется Пк 1-Пк 4. Водоудерживающая способность смесей близка к 98%. Расслаиваемость ниже 3 %.

Таким образом приведенные данные убедительно доказывают возможность использования отходов медных руд ЖезОФ и полиметаллических КОФ для получения сухих строительных смесей.

Поскольку стандарты РК, связанные со строительными сухими смесями, согласованы с международными стандартами в этой области и положениями Закона Республики Казахстан «О техническом регулировании» и Закона «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан», можно утверждать, что разработанные композиции отвечают также техническим требованиям международных стандартов.

Технико-экономическую эффективность разработанной технологии получения строительных материалов с использованием отходов обогащения медьсодержащих руд Жезказганской обогатительной фабрики и полиметаллических руд Кентауской обогатительной фабрики определяли исходя из известных положений.

В качестве базы сравнения приняты: природный песок, отвечающий техническим требованиям ГОСТ 8736-93 стоимостью 2500 тг за тонну, цемент ПЦ 400Д0, отвечающий техническим требованиям ГОСТ 10178-85 стоимостью 20 000 тг за тонну, мука из известняка стоимостью по ГОСТ 14050 13000 тг за тонну.

Принимая стоимость хвостов ЖезОФ с учетом транспортных расходов – =600 тг/т, а стоимость хвостов КОФ – 1000 тг/тонну.

Получаем, что: при замене песка хвостами ЖезОФ в составе композиций в зависимости от их расхода технико-экономический эффект составит 2296-2700 тг за один куб смеси (таблица 2.32); при введении хвостов КОФ в качестве наполнителя в количестве 15 % от массы цемента в состав композиций в зависимости от расхода цемента технико-экономический эффект составит 329-1220 тг/м<sup>3</sup>; при приготовлении полимерной финишной

шпаклевки на основе хвостов КОФ технико-экономический эффект может достигать около 12000 тг за тонну (таблица 2.31)

Таблица 2.31– Техничко-экономическая эффективность композиции (ССС) при замене мелкого заполнителя хвостами ЖезОФ

Марка (класс) композиции	Расход исходных материалов, %			Содержание функциональных добавок, %	Техничко-экономическая эффективность, тг/м <sup>3</sup>
	цемент	хвосты	вода		
M25 (~B2)	85	1349	45	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	2700
M50 (~B3)	116	1320	56	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	2690
M75 (~B5,5)	124	1304	62	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	2600
M100 (~B7,5)	153	1273	77	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	2546
M150 (~B10)	202	1227	101	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	2454
M200 (~B15)	244	1148	123	тилоза – 0,3 и мовилит – 0,8	2296

Таблица 2.32– Техничко-экономическая эффективность композиции (ССС) при введении в ее состав 15 % хвостов КОФ

Марка (класс) композиции	Расход исходных материалов, %			Содержание функциональных добавок, %	Техничко-экономическая эффективность, тг/м <sup>3</sup>
	цемент	хвосты	вода		
M25 (~B2)	72	1349	45	13	329
M50 (~B3)	99	1320	56	17	561
M75 (~B5,5)	105	1304	62	19	627
M100 (~B7,5)	130	1273	77	23	760
M150 (~B10)	172	1227	101	30	990
M200 (~B15)	207	1148	123	37	1220

При повышении проектной производственной мощности технико-экономическая эффективность от производства предлагаемых композиций (ССС) будет пропорционально расти.

## ВЫВОДЫ

Проведен анализ запасов отходов горнорудного сырья Республики Казахстан, изучен опыт их использования, определены качественные характеристики отходов обогащения ряда горнодобывающих предприятий.

Качественная характеристика геотехногенного сырья показала целесообразность использования получения сухих строительных смесей из отходов обогащения медных, карбонатных полиметаллических и асбестовых руд. Проведены лабораторные исследования по получению композиций сухих строительных смесей с использованием этих отходов обогащения.

Показано, что эти хвосты обогащения могут быть использованы в качестве: наполнителя в составе композиции (ССС); известкового вяжущего после обжига; основного компонента при приготовлении полимерной финишной шпаклевки.

Результаты исследование физико-механических свойств оптимальных вариантов сухих строительных смесей с использованием отходов обогащения Жезказганской и Кентауской обогатительных фабрик убедительно показали соответствие их свойств техническим требованиям СТ РК 1168-2006.

Установлено, что при оптимизации составов модифицированных композиционных материалов можно сэкономить: цемент – около 10%; песок -более 10%; воду -менее 10%; модифицированные добавки -на 20...25 %. Прочность при сжатии композиционных материалов на основе хвостов ЖезОФ в зависимости от их состава может колебаться в пределах 2,6 ..22,1 МПа, что соответствует их маркам (классам) М25 (~В2) ...М200 (~В15), а прочность при сцеплении с основанием -0,33 ...0,81 МПа, что выше, по сравнению с показателями нормативных документов.

Технико-экономический эффект от применения разработанных композиций в качестве кладочных, штукатурных, финишных и полимерных смесей в строительной отрасли достигает 329-2700 тг/м<sup>3</sup>, а при производственной мощности 10000 тонн, он (ТЭЭ) может достигать 3,3 ....до 120 млн тг/ год.

## ГЛАВА III. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА ИЗ БУРОГО УГЛЯ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

### 3.1 Существующие способы получения гуматов

В основе выделения гуматов из природного сырья лежит способность гуминовых кислот к образованию солей с одновалентными катионами натрия, калия, аммония. Для этого применяют водные растворы гидроксидов этих элементов. Обработка углеродсодержащего сырья щелочными реагентами приводит к нарушению межмолекулярного взаимодействия и разрыву химических связей в макромолекулах органических соединений угля.

Известен способ извлечения гуматов по так называемой технологии «сухого метода, заключающийся в смешении бурого угля с 42-45% водным раствором гидроксида натрия при соотношении Т :Ж= 5:1. При перемешивании с помощью винтовых шнеков смесь нагревается вследствие экзотермической реакции. В результате процесса образуется продукт, содержащий 35-40% гумата натрия.

С целью повышения выхода гуминовых кислот из угля до 72-73% разработан способ электролитического окисления угля на никелевом аноде в течение 5-6 часов при температуре 60-65<sup>0</sup>С, в растворе щелочи с концентрацией 2,0 N при плотности тока 2,0-3,0 А/дм<sup>2</sup>. Известен способ [86-87] выделения гуминовых соединений путем окисления углей растворами азотной кислоты с концентрацией до 40% при температуре 75<sup>0</sup>С в течение 3-х часов. Выход гуминовых соединений достигает 60-70%, при этом наблюдается выбросы вредных окислов азота.

В качестве реагентов для извлечения гуминовых соединений известно использование хлора, озонированного воздуха, озона, окислов азота.

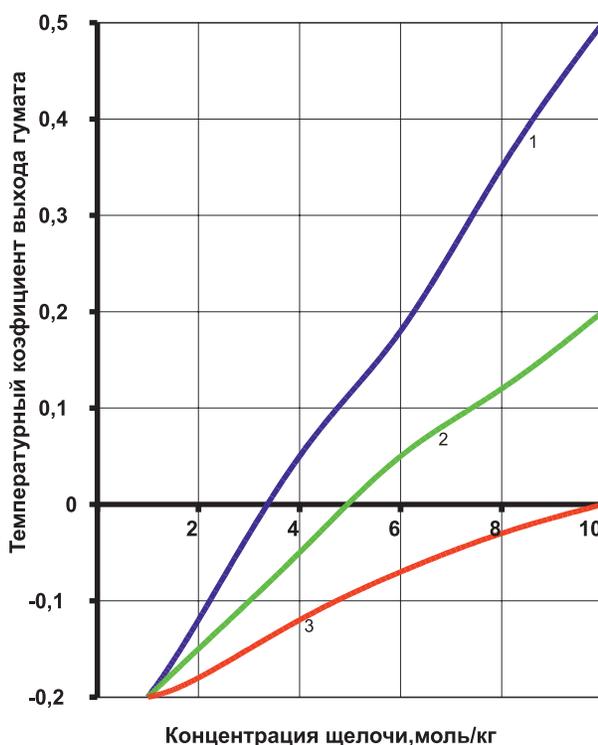
Разрабатываются не только физико-химические и химические способы извлечения, но и физические методы воздействия на сырье: инфразвук, радиолиз, бароформинг и др [89-90].

Извлечения гуминовых соединений показывает, что наиболее эффективным и распространенным является способ «выщелачивания» гуминовых веществ из ископаемого сырья щелочными растворами.

Представляло интерес выявить влияние природы щелочного реагента, концентрации и температуры на процесс извлечения гуминовых соединений. Исследование влияния природы гидроксидов, температуры и концентрации на выход гуматов проводилось с использованием растворов LiOH при концентрации от 1 до 10 моль/кг, NaOH и KOH. Раствор аммиака не исследовался, вследствие его нетехнологичности (выделение

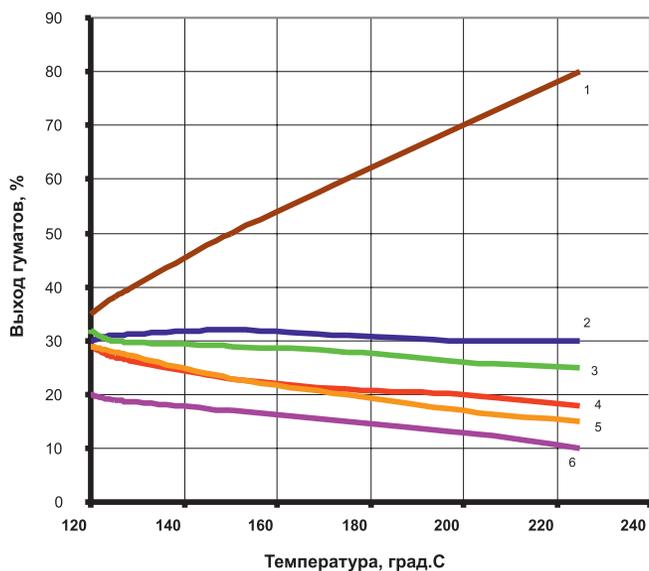
газообразного аммиака) и образования нестойких гуматов. Результаты исследования представлены на рисунке 3.1.

Как следует из представленной зависимости, наиболее высокий выход гуматов до 90% наблюдается в растворах LiOH исследованных концентраций, а в растворах гидроксида натрия – до 70%. По активности воздействия гидроксидов на выход гуматов видно, что возрастание наблюдается в ряду  $\text{LiOH} > \text{NaOH} > \text{KOH}$ . Для сравнения на рисунке 3.2 приведена зависимость выхода гумата при нагревании исходного угля (кривая 5). Выход гуматов достигает 15% при нагревании угля до температур 200-220°C, а при воздействии на уголь раствора сульфата натрия (рисунок 3.2), имеющего нейтральную реакцию среды выход гуматов, даже при нагревании очень незначителен и не превышает 10%. Повышение концентрации щелочи способствует увеличению выхода гуматов, тогда как повышение температуры при концентрациях щелочи (NaOH) от 2 до 4 моль/кг угля не дает увеличения выхода гуматов (рисунок 5.2 кривая 3,4).



1 - LiOH, 2 - NaOH, 3 - KOH

Рисунок 3.1 - Температурный коэффициент выхода гуматов как функция природы и концентрации щелочи



- 1 - система уголь – раствор NaOH 10 моль/ кг;  
 2 - система уголь – раствор KOH 4 моль/ кг;  
 3 - система уголь – раствор NaOH 4 моль/ кг;  
 4 - система уголь – раствор NaOH 2 моль/ кг;  
 5 – уголь (исходный);  
 6 - система уголь – раствор  $Na_2SO_4$  10 моль/ кг.

Рисунок 3.2 - Температурная зависимость выхода гуматов от природы раствора и его концентрации

Учитывая, что реакция взаимодействия гуминовых веществ с ионами щелочных металлов при обычных условиях протекает медленно, на практике извлечения гуматов осуществляют, как правило, при повышенных температурах и избыточном давлении [91-92]. Однако, несмотря на то, что температурный фактор оказывает существенное влияние на интенсивность в сравнительно узком интервале  $-80-160^{\circ}C$ , верхний предел ограничен отрицательным воздействием более высоких температур на химическую активность гуматов, а нижний – снижает выход продукта и увеличивает продолжительность процесса. Этот факт подтверждается результатами исследований методом термографии (раздел 2.2.3). В основу всех известных технологий и положены эти показатели. Увеличение концентрации NaOH до 10 моль/кг угля повышает выход гуматов более чем на 50% при тех же температурах. Учитывая, что реакция взаимодействия гуминовых веществ с ионами щелочных металлов при обычных условиях протекает медленно, на практике извлечения гуматов осуществляют, как правило, при повышенных температурах и избыточном давлении [93]. Однако,

несмотря на то, что температурный фактор оказывает существенное влияние на интенсивность в сравнительно узком интервале  $-80-160^{\circ}\text{C}$ , верхний предел ограничен отрицательным воздействием более высоких температур на химическую активность гуматов, а нижний – снижает выход продукта и увеличивает продолжительность процесса. Этот факт подтверждается результатами исследований методом термографии. В основу всех известных технологий и положены эти показатели.

### **3.2 Технология получения гуминового препарата из бурого угольного сырья**

Из анализа известных способов следует, что в настоящее время, ни одна из технологий получения гуматов не доведена до промышленного производства в силу объективных причин. Не отработаны основные требования к исходному сырью, точно не определены соотношения  $\text{Ж}:\text{T}$ , концентрация раствора щелочи, фракционный состав исходного сырья и продолжительность обработки его щелочью, температурный режим и т.д. В основном технология получения гуматов предусматривает проведение следующих операций: механическая очистка исходного сырья от посторонних включений, дробление исходного сырья до необходимой фракции с одновременной просушкой. Обработка полученной массы щелочным раствором с концентрацией от 1 до 10%, в течение 2-10 часов и соотношением  $\text{Ж}:\text{T}$  от 5 до 10, при температуре  $60-80^{\circ}\text{C}$ , фильтрация с промывкой, сушка, размол, просеивание, упаковка. Все это объясняется многообразием исходного сырья, так как угли не только различных месторождений отличаются по составу, но и в пределах одного месторождения наблюдается значительный разброс показателей. В таблице 3.1 приведены показатели состава проб бурых углей месторождений Киякты и Ой-Карагай. Как следует из приведенных данных, сырье для получения гуминового препарата весьма неоднородно и наблюдается значительный разброс по содержанию таких компонентом, как кремнезем, окислы алюминия и железа, а также микроэлементов.

Эти данные подтверждают многообразие технологий, технологических параметров.

По ряду объективных причин (наличие лицензии у исполнителей на месторождении) для разработки технологии, было выбрано угольное месторождение Киякты. В дальнейшем все исследования проводились на угле этого месторождения.

На основании всего изложенного разработана технология получения гумата натрия. Предлагаемая технология получения гумата из бурых углей и органоминеральной прослойки месторождения Киякты схематично представлена на рисунке 3.3 и состоит из следующих операций.

Таблица 3.1 – Химический состав проб бурого угля 2-х месторождений

Показатели	Кияктинское месторождение (среднее)	Ой-Карагайское месторождение	
		окисленные	полуокисленные
РН водной вытяжки	6,8	6,0	4,7-5,9
Гумус, %	20-69,2	30,0	64-72
Кремнезем (SiO <sub>2</sub> )	38,2-5,0	25,5	25,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	20,5-4,0	21,6	21,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	21-5,2	20,4	20,4
TiO <sub>2</sub> , %	-	1,25	1,3
MgO	3,2-2,0	1,6	1,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,03-0,05	0,08	0,08
K <sub>2</sub> O	1,7-2,0	0,75	0,75
CaO	8,3-7,0	17,03	17,03
Na <sub>2</sub> O	3,1-2,5	0,16	0,16
Азот	0,9-0,8	0,6	0,6
Цинк, мг/кг	122-120	1,13	0,16
Кобальт	0,3-0,1	0,19	0,06
Медь	64-60	2,5	0,08
Марганец	20-18	5,4	1,5
Молибден	17,0-13	0,25	0,1
Свинец	104,4-101,0	>32,0	
Кадмий	4,1-3,1	>2,0	

Исходное сырье (бурый уголь и органоминеральная прослойка) очищается от посторонних включений (камней, органических остатков и т.п.) с помощью системы сит 1 и подаются в сушилку 2. Затем очищенное и подсушенное исходное сырье поступает в вибромельницу 3 и смешивается в ней с 10% аммиачной водой в пропорции Ж:Т= 1, который подается в вибромельницу 3 из резервуара 4. В вибромельнице 3 вся масса доводится до

Органоминеральной прослойки месторождения Киякты фракции 2-6 мм. Обработка сырья воздействием низкочастотного акустического поля позволяет выделить гуминовые соединения в течение непродолжительного времени без нагревания.

Обработанная таким образом смесь подается в экстракторы 5, в которых подвергается воздействию инфразвуковых излучателей 6 в течение 5 минут. При этом частота инфразвуковых колебаний составляет 15-20 Гц,

а температура смеси - 20-25°C. Затем смесь подается из экстракторов 5 в вакуум-сушилку 7 и выдерживается в ней в течение 30 минут при температуре 40-60°C. После из вакуум-сушилки 7 полученный препарат обогащается макро- и микроэлементами, экстрактами дикорастущих растений 8, 9 и поступает в весовой дозатор 10, развешивается и упаковывается во влагонепроницаемую тару.

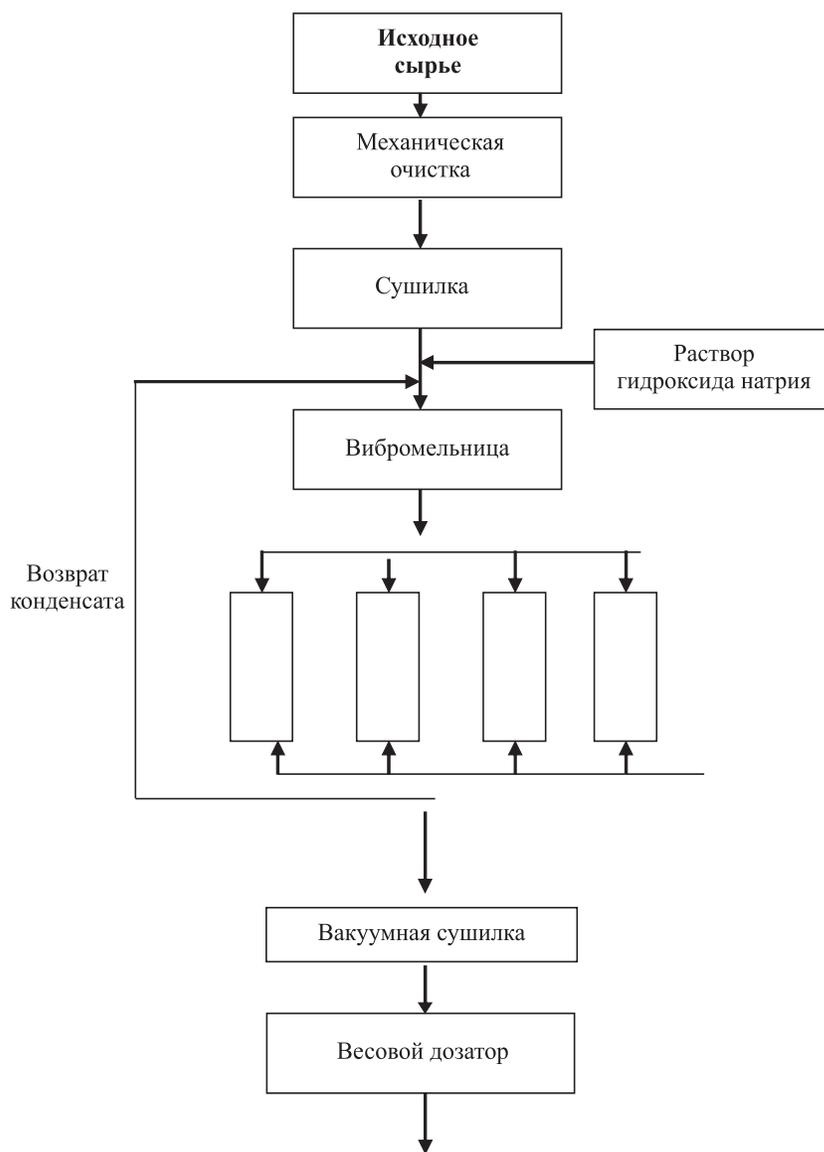


Рисунок 3.3 – Технологическая схема получения препарата из бурых углей

Разработанная технология получения гуминового препарата из бурых углей и органоминеральной прослойки месторождения Киякты позволяет довести извлечение гуматов из исходного сырья до 78-85%. Технологические параметры были отработаны на модельной установке. Однако, экономический расчет этой схемы, с учетом затрат на оборудование и его обслуживание показал, что получение гумата по такой схеме ведет к его удорожанию и, как следствие, ограниченному использованию.

В связи с этим в 2003 году проведены исследования по получению гумата по упрощенной технологии.

Технологический процесс осуществляется следующим образом: исходное сырье (бурый уголь) очищается от посторонних включений с помощью системы сит и грохотов. Подготовленный уголь крупностью 0-5 мм обрабатывается 40% раствором гидроксида натрия в чане из расчета 0,4 л на 1 кг угля. Концентрация щелочи определена ранее проведенными исследованиями (рисунок 2.2.2) далее герметично закрывается и оставляется на 12-15 часов. Затем подготовленная масса выгружается на специально подготовленную площадку, разравнивается слоем в 2-3 см и подсушивается на воздухе до влажности 18-22%. Оптимальные параметры были установлены в результате испытаний, приведенных в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Оптимизация технологических параметров получения гумата натрия

Условия эксперимента: t –20-30°C, концентрация - NaOH – 40%			
Гранулометрический состав, мм	Соотношение Т:Ж	Время выщелачивания, час	Выход гумата
0÷2	1:0,5	2	30
		5	40
		10	50
		15	60
0÷5	1:0,75	2	40
		5	60
		10	78
		15	85
0÷10	1:1	2	30
		5	45
		10	60
		15	70

Полученный гумат натрия обогащается растворами солей микроэлементов (цинк, молибден, кобальт, медь) и макроэлементами (железо, калий, фосфор, азот) с варьированием концентраций в следующих пределах (%):

цинк	-0,10-0,30
железо	-0,10-0,30
молибден	-0,05-0,21
кобальт	-0,01-0,06
медь	-0,01-0,06
калий	-0,03-0,15
фосфор	- 0,03-0,15

(концентрации микропримесей изменяли в зависимости от их содержания в исходном сырье, почве и потребностями растений).

С целью усиления воздействия препарата на семена сельскохозяйственных растений и повышения устойчивости всходов к экспериментальным факторам среды, гумат натрия обрабатывался экстрактом полыни белоземельной в количестве 1-3% от массы гумата.

Экстракт полыни готовили настаиванием высушенной полыни в мягкой воде при температуре 20<sup>0</sup>С в течение 12 часов. Использование экстракта полыни не случайно, так как известно [94], что при замачивании в 12,5-15 % водных экстрактах галофитов (солеустойчивых дикорастущих растений), обладающих физиологически активными свойствами и заметно повышается солеустойчивость и продуктивность культурных растений.

В 1988-2001 г.г. А.Г. Мамоновым и А.С. Кадук на щелочных сильнозасоленных почвах Южного Прибалхашья (Акдалинский и Каратальский массивы орошения) получены устойчивые положительные результаты повышения продуктивности риса и сопутствующих рису культур при предпосевной обработке семян водными экстрактами полыни белой (*Artemisia terrae albae*). Авторами установлено, что этот вид полыни обладает хорошим инсектицидным, бактерицидным, фунгицидным действием, выгодно отличается от многих галофитов. Поэтому оптимальные концентрации водных экстрактов полыни белой, применяемые для предпосевной обработки семян, были использованы нами для дополнительного обогащения нового физиологически активного гуминового препарата с целью улучшения его полифункциональных свойств на засоленных почвах.

На основании всего изложенного нами и была разработана технология получения гуминового препарата, с полифункциональными свойствами, повышающего экологическую устойчивость растений.

В результате проведенных технологических операций получен продукт темного цвета, порошкообразный в количестве 500 кг.

Для выявления степени влияния гуминовых препаратов на основные физиологические процессы в растениях необходимо определение содержания важнейших групп соединений, связанных с энергетическим обменом клетки.

Гуминовые соединения, выделенные из бурого угля месторождения Киякты, исследованы методом гелехроматографии [95-96].

Полученная на сефадексе Г-25 гелеграмма гуминовых соединений, свидетельствует о наличии в них, ароматических конденсированных структур и кислорода в эфирных, лактонных, гетероциклических и др. структурах, а также  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  и  $\text{COOH}$  групп.

Результаты количественного анализа приведены в таблице 3.3

Из приведенных данных видно, что гуминовые соединения содержат ароматические конденсированные структуры и кислород в эфирных, лактонных, гетероциклических и др. структурах, а также содержат  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  – и –  $\text{COOH}$  групп.

Для выявления структурных особенностей гуминовых соединений применяют метод термографии, позволяющий оценить их термическую стабильность, отношение центральных и периферических частей.

Таблица 3.3 - Количественный анализ фрагментов структуры обеззоленных гуминовых кислот

Гуминовые кислоты	Содержание углерода в фрагментах структуры, % от С							Содержание кислорода в фрагментах структуры, % от О			
	$\text{CH}_{\text{ар}}$	$\text{CH}_3$	$\text{CH}_2$	CON	COOH	$\text{C}_{\text{ар}}^{\text{конд}}$	C=O	$\text{O}_{\text{CON}}$	$\text{O}_{\text{CO-OH}}$	$\text{O}_{\text{C=O}}$	$\text{O}_{\text{н.ф.}}$
«Свободные», (I ступень)*	2,0	3,1	27,2	8,2	4,0	51,5	4,0	7,3	6,9	5,3	8,8
«Свободные», (II ступень)*	1,6	2,5	29,4	8,1	3,6	48,9	5,9	7,2	6,5	7,7	6,6
«Свободные», (III ступень)*	3,7	5,2	25,7	7,9	3,6	47,7	6,2	7,0	6,3	3,1	5,5
Общие	2,0	6,0	32,7	6,6	6,9	36,6	9,2	5,4	10,8	12,3	5,9

*\*Для более детального исследования фракционного состава гуминовых соединений из бурого угля было проведено ступенчатое выделение фракций.*

Результаты исследований приведены в таблице 3.4.

Как видно из результатов анализов, приведенных в таблице, наличие 3-х групп термоэффектов (эндотермический, низкотемпературный

и высокотемпературный, экзотермический) позволяют говорить о 3-членном строении выделенных гуминовых соединений, а именно: трудногидролизуемой части бензоидного строения и периферической алифатической части молекулы.

Первый экзотермический эффект на термограммах гуминового препарата, проявляется в интервале 340-3900С и обусловлен разрушением алифатических цепочек и их окислением. Вторая группа экзоэффектов находится в области температур 400-600°С и выше. В интервале этих температур происходит разрушение более устойчивых алифатических цепей, завершается деструкция периферической части молекул, отщеплением отдельных циклов и бензоидных колец. Выше 6000С начинается интенсивное разрушение бензоидных структур, выделение углерода и его окисление.

Опираясь на результаты проведенных анализов, можно сделать вывод, что препарат содержит гуминовые соединения, представляющие собой группу высокомолекулярных, темноокрашенных веществ, объединенных общим принципом построения. По химической формуле это ароматические оксикарбоновые кислоты, в которых ароматические ядра невысокой степени конденсированности объединены участками неароматического характера. Общая структура гуминовых кислот представляется как ароматические соединения с подвижными П-электронами и различными функциональными группами при ядре и боковых цепях. Наличие парамагнитных центров обуславливает способность к ионному обмену, образованию комплексов, таутомерии, окислительно-восстановительным реакциям и в конечном счете - предопределяет универсальность этих соединений.

Таблица 3.4 - Температуры пиков (по кривым ДТВ) и потери массы по данным термического анализа

Образец номера	Название пика (по кри- вым ДТВ)	Темпе- ратура пика (по кривым ДТВ), °С	Температурный интервал, °С			Температурный интервал, °С									
			20 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600							
			Потеря массы			Потеря массы			Потеря массы						
			мг	% от потери	мг	% от потери	мг	% от потери	мг	% от потери	мг	% от потери	мг	% от потери	
1	Эндо	85													
	..	132	4,5	13,5	5,0	15,1	1,6	4,8	5,9	17,8	7,0	21,1	2,1	6,3	
	..	390													
	..	480													
2	..	80													
	..	390	5,5	27,5	3,1	15,5	1,4	7,0	3,4	17,0	5,7	28,5	0,9	4,5	
	..	485													
3	..	90													
	..	330	3,0	23,8	3,2	25,4	1,5	11,9	1,9	15,1	2,4	19,0	0,6	4,8	
	..	520													

Экспериментальная партия препарата проанализирована на содержание свинца, ртути, мышьяка, токсических веществ, вызывающих кожно-раздражающее действие и наличие радионуклидов (таблицы 3.6-3.7).

Элементный состав гуминового препарата приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 –Элементный состав гуминового препарата

Гумат натрия	Содержание, вес, %				Атомные отношения		
	С	Н	N	О	С:Н	С:N	С:О
1. Из бурого угля	29,2	35,9	1,6	33,4	0,81	18,26	0,87
2. Из биопрослая	27,8	27,9	1,9	42,3	0,99	14,5	0,6

Таблица 3.6 - Результаты токсикологического анализа опытной партии гуминового препарата

Условия проведения испытаний: атмосферное давление 685 мм рт.ст., t°С воздуха 22°С, относительная влажность – 65%					
№ п.п.	Наименование показателей	Ед.изм.	Норма по НД	Фактический показатель	НД на методы испытаний
1.	Органолептические: Внешний вид, цвет			Аморфный порошок черного цвета без запаха	МР №7.05.005-97
2.	Физико-химические - свинец - ртуть - мышьяк	мг/кг мг/кг мг/кг	32,0 2,1 2,0	отсутствие отсутствие отсутствие	Анализ проб почвы методом инверсионной вольтамперометрии № М-135
3.	Токсикологические: Токсичность Класс опасности Кожно-раздражающее действие		отсутствие 4 класс отсутствие	Отсутствует 4 класс (малоопасный)	МР №7.05.005-97 ГОСТ 12.1.007-76

Как видно из результатов анализа препарата, в нем не содержатся тяжелые металлы свинец и ртуть, отсутствует мышьяк. Кроме того, препарат не токсичен и не обладает кожно-раздражающим действием.

Таблица 3.7 - Гигиеническая характеристика опытной партии препарата

Наименование показателей	Допустимые уровни	Действительные значения уровня
Удельная активность природных радионуклидов (средняя)	4000 Бк/кг	511.2 Бк/кг
Удельная активность природных радионуклидов радия- 226 и тория – 232 в исследованном образце не превышает допустимые уровни, установленные нормами радиационной безопасности (НРБ-99)		

Из результатов анализа следует, что активность природных радионуклидов радия-226 и тория-232, которые содержатся в исходном сырье – буром угле, не превышает допустимые уровни.

В Институте горного дела на протяжении ряда лет проводятся исследования по разработке и совершенствованию агроприемов его применения.

Многолетние испытания препарата на различных видах почв и растений показали, что наиболее эффективным агроприемом, позволяющим повышать соле-и засухоустойчивость растений является предпосевная обработка семян и опрыскивание в период вегетации [97-99]. Опыт работы с препаратом показал, что технология обработки семян растений зависит от вида растения, почвы (содержания в них солей и пр.), климатических условий, т.е. каждый индивидуум требует изучения. Для выполнения поставленной задачи – биологической рекультивации складов отходов переработки асбестсодержащей руды, нами были проведены лабораторные испытания.

Для проведения лабораторных испытаний были отобраны пробы с поверхности хвостохранилища и с глубины 20 см; аналогично были отобраны пробы с поверхности и с глубины 20 см прилегающей к складу почвы. Пробы были подвергнуты химическому и гранулометрическому анализу. Результаты анализа приведены в таблице 3.8 и 3.9

Таблица 3.8- Результаты анализа проб с хвостохранилища.

Наименование проб	Гранулометр. состав %			Химический состав, %							
	0+2	-2+10	10+15	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	FeO	K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O	Тяж. мет
<u>хвосты</u> с поверхн	5	10	5	37,0	1,9	0,8	39,1	1,09	0,9	0,32	0,3
с глубины 20 см	85	10	5	40,9	5,4	1,4	41,6	1,6	2,7	0,3	0,32

Примечание: пробы содержат до 0,3 – 0,8% свободного асбеста.  
 \* - тяжелые металлы присутствуют в виде MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, CoO.

Таблица 3.9 - Результаты анализа почв

Наименование проб	Содержание тяжелых металлов мг/кг							
	Co	Zn	Cu	Ni	Mn	V	Pb	Cr
на почве	30,0	60-80,0	40-50	50-80	800,0	150,0	10-20	80-100
в почве	30,0	60-100,0	40-50	60-80	800,0	150,0	20-30	80-150,0

Как видно из результатов, приведенных в таблицах, материал хвостохранилища представлен SiO<sub>2</sub> – 37,0 - 40,9%, MgO – 39,1 – 41,6% в виде тонкодисперсного материала класса O+2, составляющего 85%. Содержание аммония, железа, кальция не превышает 1,6–5,45%, а тяжелых металлов (марганца, хрома, никеля, кобальта) достигает 0,3-0,32%.

Анализ почв, прилегающих к хвостохранилищу, показал, что содержание тяжелых металлов изменяется в широких пределах и отличается от глубины отбора проб (в поверхностном слое (5см) или на глубине 20 см). Наибольший уровень загрязнения отмечается на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) к западу от асбестового карьера и для большинства загрязняющих веществ содержание их на поверхности почв превышает содержание в почвах, кроме меди и ванадия, для которых они практически одинаковы.

Высокий уровень загрязнения наблюдается и на поверхности почв на расстоянии 300 м от хвостохранилища, где концентрация никеля в 5,7 раза превышает ПДК, меди – 2,3 ПДК и хрома – 2,3 ПДК.

С целью подбора вида растений для биологической рекультивации хвостохранилища обследована флора окружающих земель. Обследование показало, что часть территории, наиболее засушливой заняты злаковыми дикорастущими растениями (донник белый, желтый), полыньниками; пониженные места – солянками различных видов.

Изучение климатических условий показало, что в теплое время года выпадает 206 мм осадков, а в среднем за год выпадает 265 мм осадков. Большая часть осадков приходится на июль – октябрь. Период комфортной погоды начинается с 10 мая и продолжается 62 дня с температурой воздуха 15-24<sup>0</sup>С. В этот же период регистрируются пыльные бури до 23 дней. Ветры оказывают наиболее существенное влияние на перенос и рассеивание примесей.

Исходя из этих данных, было проведено планирование экспериментальных исследований по биологическому методу рекультивации и противоэрозионной защиты.

В основу планирования положены результаты анализа водной вытяжки проб хвостохранилища. В «Институте почвоведения» им.У.У.Успанова РГП «НПЦЗХ им. Бараева» МСХ РК выполнен анализ водной вытяжки отобранных проб с хвостохранилища ОАО «Кустанайские минералы», результаты которого приведены в таблице 3.10

Результаты анализа показали, что испытуемый материал относится к слабозасоленному виду почв с выраженной щелочностью. Общая щелочность в  $\text{HCO}_3$  составляет 1,5-1,9 мг-экв. Присутствие сульфат-ионов и хлора не велико. Отмечается значительное содержание ионов магния до 2,8-2,9 мг- экв. Эти данные послужили основанием для определения параметров технологии предпосевной обработки семян и определения ассортимента посевного материала.

Таблица 3.10- Результаты анализа водной вытяжки

№ проб	Сумма солей в %	Щелочность		Cl'	SO <sub>4</sub> '	Ca	Mg	Сумма		Na+K по разности анионов и катионов Na'	Водно-растворимый гумус в %
		Общая в $\text{HCO}_3$ '	От норм. карбонатов в $\text{CO}_3$ '					анионов	катионов		
№1	0,207	0,095	0,014	0,021	0,050	0,004	0,036			0,001	Нет
		1,56	0,47	0,59	1,05	0,20	2,96	2,15	3,20	0,04	нет
№3	0,204	0,088	0,022	0,021	0,054	0,004	0,035			0,001	0,001
		1,44	0,73	0,59	1,12	0,20	2,88	2,03	3,15	0,04	0,03
№5	0,303	0,117	0,026	0,065	0,041	0,004	0,029			0,046	0,001
		1,92	0,87	1,83	0,86	0,20	0,38	3,75	4,61	2,00	0,03

### 3.2.1 Экспериментальные исследования по биорекультивации отходов обогащения асбестовых и марганцевых руд

Лабораторные исследования по оценке фитотоксичности образцов породы с хвостохранилища АО «Костанайские минералы» проводили по известной методике Б.П.Строганова в вегетационных сосудах емкостью 0,5л. методом биотестирования исследованию подвергали семена ячменя сорта Арна, яровой пшеницы сорта Фитон, житняка Карабалыкский 238,

донника желтого и полыни черной, которые проращивали в термостате в четырехкратной повторности на исследуемой породе в соответствии с требованиями ГОСТов (ГОСТ 12038-66, ГОСТ 12040-66).

Влажность субстрата поддерживали по массе утром и вечером на уровне 90% от его наименьшей влагоемкости. Экспозиция опыта 19 суток.

Как видно из результатов испытаний приведенных в таблице 3.11., отходы обогащения хризотил-асбестовых пород оказывают высокое ингибирующее воздействие на рост испытуемых культур и вызывают гибель растений пшеницы в период с раннего развития – на 9-е сутки, ячменя – 12 сутки, донника – 13 сутки, а полыни - на 17 сутки.

Высокая токсичность продукта техногенеза обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований по детоксикации путем рационального применения веществ – инактиваторов.

Для проведения лабораторных испытаний подготовлены следующие вещества: дефекто-сатурационный осадок (отход при производстве сахара, состав которого приведен в таблице 3.12, гипс, сульфат цинка и гуминовый препарат, обогащенный микро- и макроэлементами и экстрактом полыни и составлены композиции по схеме (Схема 1). Эти вещества были выбраны для проведения исследований исходя из опыта исполнителей по повышению урожайности сельскохозяйственных культур слабо- и сильнозасоленных земель.

Таблица 3.11 - Результаты испытаний биотестирования семян обработанных гуминовым препаратом (ГП) различных концентраций.

<i>Культура</i>	<i>Вариант испытаний</i>	<i>Всхожесть, %</i>	<i>Средняя высота, см</i>	<i>Выживаемость, в сутках</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Ячмень	Контроль	4,0	1,5	5
	2,5% р-р ГП	9,5	2,0	12
Житняк	Контроль	20,0	1,0	7
	1% р-р ГП	13,0	1,0	
	1,5% р-р ГП	16,0	1,0	
Полынь	Контроль	9,0	1,0	3
	1,5% р-р ГП	15,0	1,5	17
Пшеница	Контроль	16,0	1,0	9
	2,0% р-р ГП	21,0	1,5	
Донник	Контроль	15,0	1,0	3
Волоснец	2,0% р-р ГП	25,0	1,5	9

Таблица 3.12- Химический состав дефеко-сатурационного осадка (дефеката)

<i>Компоненты</i>	<i>Содержание в % на сухое вещество</i>
Сахар	2,0
Пектиновые вещества	1,7
Безазотистые органические вещества	9,5
Азотистые органические вещества	59
Углекислый кальций	74,2
Известь в виде солей разных кислот	2,8
Прочие минеральные вещества	3,9
В том числе фосфорная кислота	около 1,7
Итого:	100,0

Примечание: Дефеко-сатурационный осадок образуется в процессе очистки диффузионного сока, получаемого при выщелачивании сахара из свеклы, при взаимодействии несахаров сока с известью и углекислым газом. Состоит он, главным образом, из углекислого кальция. Выход дефеката определяется количеством извести, расходуемой на очистку диффузионного сока и, составляет порядка 10% к массе свеклы.

Кроме того, с целью детоксикации исследуемого объекта была проведена обработка хвостов обогащения растворами минеральных кислот по следующей схеме (Схема 2).

Схема 1:

1. Порода – контроль;
2. Порода + гуминовый препарат (ГП) в дозе 5% от массы породы;
3. Порода + ГП – 10% от массы породы;
4. Порода + ГП – 20% от массы породы;
5. Порода + ГП – 30% от массы породы;
6. Порода + ГП – 40% от массы породы;
7. Порода + ГП – 50% от массы породы;
8. Порода + дефекат в дозе 10% от массы породы;
9. Порода + дефекат – 20% от массы породы;
10. Порода + дефекат – 30% от массы породы;
11. Порода + гипс в дозе 10% от массы породы;
12. Порода + гипс в дозе 20% от массы породы;
13. Порода + гипс – 30% от массы породы;
14. Порода + сульфат цинка ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) из расчета 200кг/га;
15. Порода + сульфат цинка из расчета 400кг/га;

Схема 2:

16. Порода + 1%-ный раствор  $\text{HCl}$  объемом, равным наименьшей влагоемкости (НВ) исследуемого слоя породы;
17. Порода + 1%-ный раствор  $\text{HNO}_3$  объемом, равным НВ исследуемого слоя породы;
18. Порода + 1%-ный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  объемом, равным НВ исследуемого слоя породы;

Высокая биотестирующая способность ячменя на фитотоксичность исследуемой породы позволила определить наиболее перспективные приемы для ее детоксикации. Наибольший стимулирующий эффект на прорастание и всхожесть семян отмечался во втором, восьмом, девятом, десятом, четырнадцатом, пятнадцатом и восемнадцатом вариантах опыта (Таблица 3.13).

Таблица 3.13 - Перспективные приемы для детоксикации породы с хвостохранилища ОАО «Костанайские минералы».

Вариант	Всхожесть семян, %	Ср. высота растений на 17-е сутки, см	Признаки угнетения роста и развития растений
2.Порода+гуминовый препарат в дозе 5% от массы породы	20	1,8	Полная гибель в фазе 1-го листа
8.Порода + дефекаат -10% от массы породы	44	6,8	Полная гибель в фазе 2-го листа
9.Порода + дефекаат - 20% от массы породы	64	7,8	Полная гибель в фазе 2-3-х листьев
10. Порода + дефекаат - 30% от массы породы	80	6,3	Полная гибель в фазе 2-3-х листьев
14.Порода + сульфат цинка из расчета 200 кг/га	26	5,2	Полная гибель в фазе 2-го листа
15.Порода + сульфат цинка из расчета 400кг/га	30	6,2	Полная гибель в фазе 2-3-х листьев
18.Порода + 1%-ный раствор $\text{H}_2\text{SO}_4$ объемом, равным наименьшей влагоемкости исследуемого слоя породы	8	1,9	Пожелтение, скручивание и усыхание верхушек листьев

Как видно из результатов испытаний наиболее перспективным детоксикантом является дефекат. Принимая во внимание тот факт, что Республика Казахстан имеет 8 сахарных заводов, а отходы на них образуются в достаточно больших количествах, и учитывая отвалы, оборудовавшиеся с 1940-1950 годов с начала эксплуатации этих заводов, можно ориентироваться на огромные количества этого отхода, исчисляемые в миллионах тонн.

Анализируя результаты проведенных лабораторных исследований можно полагать, что испытанные агроприемы могут стать основой для новой технологии биологической рекультивации такого высокотоксичного объекта, как склад отходов обогащения хризотил – асбестовых руд.

В отличие от хвостов обогащения хризотил-асбестовых руд, хвосты обогащения марганцевых руд представляют собой продукт, подвергшийся флотации с рядом органических соединений, таких, как олеиновая кислота или олеат натрия, керосин, ксантогенат, талловое или сульфатное мыло. Наличие органических соединений в хвостах обогащения, а также фосфора и азота предполагает развитие различных микроорганизмов, т.е. создается питательная среда и субстрат), ослы обогащения марганцевых руд) содержит элементы, необходимые для развития растений.

Принимая во внимание химический и гранулометрический состав отходов обогащения марганцевых руд, а также климатические условия Жездинского месторождения и фоновый растительный покров окружающих склады почв. Экспериментальные исследования проводили по методике Б.П. Строганова в термостате при температуре +25<sup>0</sup>С в соответствии с требованиями ГОСТа (ГОСТ 10250-80, ГОСТ 12038-84) с использованием семян полыни сорта Белоземельная, житняка сорта Шарapat, саксаула, репейника и хлопчатника. Семена замачивали в 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 и 0,9%-ных водных растворах гуминового препарата в течение 60 минут. По истечении времени обработки испытуемых семян их извлекали из рабочих растворов, подсушивали при температуре 20-40<sup>0</sup>С до воздушно-сухого состояния. Обработанный семенной материал высевали в аналитические стаканы объемом 0,5 л без дренажа с исследуемой фитотоксичной породой. Влажность субстрата поддерживали на уровне 65-70% его полной влагоемкости. Экспозиция опыта – 20 суток.

В результате эксперимента наблюдалось вымирание зерен хлопчатника и репейника сразу же, по истечении нескольких суток после посева. Прорастание семян саксаула произошло не сразу, только на 10-сутки. На 25-сутки произошло угнетение, а в последующем вымирание растений саксаула и житняка. Результаты исследований приведены в таблице 3.14.

При наблюдении установлено, что среди испытуемых растений наиболее перспективной для биологической рекультивации пород санитарно-

защитной зоны является полынь Белоземельная. Эффективность рабочих растворов для семян полыни усиливается в интервале концентраций 0,3-0,7%, а для саксаула – в концентрации 0,3 %, для житняка – в 1,0 %. Более низкие концентрации гуминового препарата не оказывают существенного влияния на посевные качества семян. При возрастании концентрации растворов их эффективность для всех растений значительно снижается.

Таблица 3.14 – Всхожесть семян и средняя высота растений при их предпосевной обработке различными концентрациями водных растворов гуминового препарата

<i>№ п/п</i>	<i>Разновидность растений</i>	<i>Всхожесть семян, %</i>	<i>Средняя высота растений на 20-сутки, см</i>
1.	Полынь – контроль	24	3
2.	Полынь обработанная	90	4
3.	Житняк – контроль	16	-
4.	Житняк обработанный	34	14
5.	Саксаул – контроль	42	3
6.	Саксаул обработанный	68	9
7.	Репейник – контроль	-	-
8.	Репейник обработанный	10	-
9.	Хлопчатник – контроль	4	-
10.	Хлопчатник обработанный	8	-

Полученные результаты исследований позволили расширить ассортимент видов полыни и определить оптимальные концентрации водных растворов гуминового препарата. Для проведения испытаний были подобраны семена 3-х видов полыни: Жунгарской, Келлера, Белоземельной.

Оптимизацию проводили также методом биотестирования. Влажность субстрата поддерживали на уровне 65-70% его полной влагоемкости. Экспозиция опыта 15 суток. Всего было поставлено 100 опытов. В качестве контроля использовали сухие необработанные семена.

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 3.15 Известно, что все растения проявляют наибольшую чувствительность к неблагоприятному воздействию фитотоксичных солей в молодом возрасте, особенно в период прорастания семян и появления всходов. Поэтому получение нормальных всходов и обеспечение их роста и развития на ранних этапах онтогенеза является решающим моментом для повышения эффективности биологической рекультивации фитотоксичных пород.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что для повышения экологической устойчивости полыни к экстремальным факторам среды положительный эффект получен при опрыскивании вегетирующих растений физиологически активным водным раствором следующего состава: из расчета на 10 л воды при температуре 17-300С вводится гуминовый препарат – 4 г; мочевины – 150 г; мыло жидкое – 5 г.

Норма расхода рабочего раствора – 0,04-0,05 л на 1 кв. м (400-500 л на 1 га).

Таблица 3.15 – Оптимальные концентрации физиологически активных водных растворов гуминового препарата для предпосевной обработки семян полыни

Полынь	Концентрация гуминового препарата, %	Всхожесть семян, %
Жунгарская	0,1	17
	0,2	19
	0,3	24
	0,4	26
	0,5	35
	0,6	33
	0,7	32
	0,8	27
	0,9	25
Келлера	0,1	11
	0,2	14
	0,3	20
	0,4	22
	0,5	24
	0,6	23
	0,7	22
	0,8	20
	0,9	20
Белоземельная	0,1	25
	0,2	25
	0,3	29
	0,4	44
	0,5	45
	0,6	45
	0,7	41
	0,8	38
	0,9	37

### 3.2.2 Опытнo-промышленные испытания на хвостохранилище Жездинской ОФ

По результатам лабораторных исследований разработана последовательность биологической рекультивации фитотоксичных техногенных пород. Из данных таблиц 4.12, 4.13 следует, что наибольшую всхожесть проявляет полынь Белоземельная и Журнгарская, а также житняк. Кроме того, известно [100], что полыни считаются концентратами многих тяжелых металлов и элементов. Эти виды растений можно отнести к факультативным концентратам, в отличие от селективных, накапливающих строго определенные элементы (например, верблюжья колючка – известный накопитель кальция). Все они относятся к группе наименее адаптированных видов, для которых свойственно повышенное накопление химических элементов, а также наиболее резкие морфологические и анатомические аномалии. В отличие от них, злаки, например, считаются организмами адаптированными даже в условиях обогащения почвы такими элементами, как В, Мо, Ni, Со, Li – не накапливают их, и.е. индифферентны к избытку их в почве. В связи с этими данными для проведения опытнo-промышленных испытаний технологии биорекультивации на хвостохранилище марганцевых руд были определены эти 3 культуры.

Перед посевом этих культур на хвостохранилище была проведена культуротехническая съемка, заключающаяся в удалении всех дикорастущих растений, в планировке опытного участка, в влагозарядном поливе, определении расположения опытных делянок (опытное испытание проводится в четырех повторностях с обязательной закладкой контрольного варианта).

Схема проведения опытных испытаний включает следующие операции:

1. Подготовка почвы, т.е. культуротехническая съемка.
2. Установление нормы высева: для полыни – 4 кг/га, для житняка – 15 кг/га.
3. Определение глубины заделки семян: для житняка – 2-3 см, для полыни – без заделки.
4. Установление способа посева: для полыни и житняка – рядовой с междурядьем 15 см.

Схема включает также мульчирование породы перфорированной полиэтиленовой пленкой (100 мк) и посев обработанных гуминовым препаратом семян на фоне сульфата цинка. Посев обработанных семян проводили в оптимальные агротехнические сроки с междурядьями 15 см при глубине заделки семян житняка 0,2-0,3 см и полыни на поверхность увлажненной породы на фоне сульфата цинка, внесенного из расчета 300 кг на 1 га (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Фрагмент опытного участка

Семена полыни Жунгарской и Белоземельной обработали 0,3 %, а житняка Шарапат 1,0 % раствором гуминового препарата.

Опыт закладывали в четырехкратной повторности. Влажность породы поддерживали на уровне 70 % ее полной влагоемкости. В качестве контроля использовали сухие необработанные семена.

В мае – июне проведены фенологические наблюдения на контрольных и опытных делянках. Результаты наблюдений показали, что на контрольных делянках, засеянных семенами полыни всхожесть составила 18-21 %, а на опытных делянках – 87 % (рисунок 3.5).

В фазе всходов и период ветвления стебля проведено опрыскивание вегетирующих растений 0,04 %-ным водным раствором гуминового препарата в смеси с мочевиной из расчета 400 л на 1 га. Наблюдения показали, что на опытных делянках признаков угнетения проростков не наблюдалось, а на контрольных – всходы пожелтели.



Рисунок 3.5 – Полынь в фазе всходов

В июле проводили уход за посевами полыни и житняка, а также фенологические наблюдения. Результаты наблюдений показали, что на контрольных и опытных делянках растения житняка погибли. Полынь на контроле находилась в сильно угнетенном состоянии. На опытных делянках патологических симптомов угнетения растений не наблюдалось. Средняя высота растений составляла 72 см.

В августе на опытных участках продолжался биофизический мониторинг. В результате наблюдений за растениями полыни установлено, что развитие растений, обработанных гуминовым препаратом, удовлетворительное и соответствует биологическим срокам развития, характерным для благоприятных почвенно-климатических условий. На контрольных делянках наблюдалось увядание, усыхание и гибель растений.

В сентябре продолжался биофизический мониторинг. Установлено, что процессы бутонизации и цветения полыни соответствуют фазам развития, характерным для данного региона. Проведен отбор растений для биохимических исследований. Средняя высота растений составляла 75 см.

В октябре проводились фенологические наблюдения за растениями в период созревания семян. В результате наблюдений установлено, что процесс цветения соответствует фазам развития, характерным для данного региона. Также проводилось сравнение развития разных видов полыни в разные периоды онтогенеза. Результаты наблюдений за растениями в периоды всходов, ветвления, бутонизации и цветения приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Результаты наблюдений за растениями полыни в онтогенезе

№ п.п.	Вид растений	Период всходов		Период ветвления		Период бутонизации		Период цветения	
		высота, см	масса, г	высота, см	масса, г	высота, см	масса, г	высота, см	масса, г
1.	Белоземельная	7	1,5	45	24	64	34	78	47
3.	Жунгарская	10	2,5	50	30	66	44	71	49

Из таблицы видно, что для биологической рекультивации техногенных образований наиболее перспективны полынь Белоземельная и Жунгарская.

В ноябре проведен учет продуктивности фитомассы растений. Для этого были отобраны растения и проводились биохимические исследования. Результаты биохимических исследований приведены в таблице 3.16 и 3.17.

Таблица 3.17 – Содержание основных элементов в растениях

Растение	Объект исследования	N	P	K	Ca	Протеин	Жир	Сахар	Клетчатка	Зола
6Полынь Белоземельная	Бурая почва целинного ландшафта	1,68	0,14	1,75	0,71	10,35	3,90	6,10	18,40	4,90
	Техногенная порода опытного участка	1,47	0,13	1,32	0,91	8,21	2,94	6,82	21,54	6,43
Полынь Жунгарская	Бурая почва целинного ландшафта	1,63	0,17	1,46	0,78	10,18	8,05	3,80	19,60	10,35
	Техногенная порода опытного участка	1,35	0,13	1,03	0,75	7,32	8,25	3,70	21,10	10,40

Как видно из приведенных данных, биохимический состав растений выросших на опытных участках значительно отличается от состава растений - эдификаторов (растений в данных климатических условиях).

Из результатов биохимического анализа следует, что полынь интенсивной накапливает цинк, кадмий, марганец, свинец относится к группе средней активности.

Биологическая аккумуляция химических элементов в растениях относительно почвенного их запаса определяется сложными физиологическими и биохимическими механизмами и измеряется индексом аккумуляции (Ja): В таблице 3.17 приведены результаты анализа фоновых растений, растений произрастающих естественным образом и растений, семена которых были обработаны гуминовым препаратом. Как видно из приведенных данных, растения на опытных делянках концентрируют тяжелые металлы значительно интенсивнее дикорастущих. То есть обработка семян гуминовым препаратом и опрыскивание в стадии онтогенеза активизирует растения, обеспечивая устойчивость к экстремальным факторам среды и аккумуляции и транслокации тяжелых металлов из субстрата.

Как видно из приведенных в таблице результатов анализа содержание тяжелых металлов в растениях, таких как свинец, кадмий, цинк превышает допустимые уровни (ДУ), а индекс аккумуляции по свинцу меняется от 0,05 (для дикорастущих) до 0,25 (семена, обработанные гуминовым препаратом).

Та же картина наблюдается для кадмия (0,1-0,8) и цинка (0,05-0,2). Только содержание марганца в растениях хотя и высокое, но не превышает допустимый уровень, а индекс аккумуляции меняется от 0,05 до 0,1.

Тяжелые металлы в житняке, относящегося к классу злаковых травяных растений, практически не накапливаются. Как следует из приведенных в таблице 4.16 данных индекс аккумуляции незначительно отличается от фонового.

Полученные результаты в какой-то мере согласуются с литературными. Согласно данным Кабата-Пендиас [158] к группе интенсивной аккумуляции относится Cd, средней – Zn, Mo, Pb, Cu, Sn, Ag, Co, слабой – Mn, Ni, V, Cr.

Ильин В.Б. [159] показывает, что повышенной аккумуляцией обладает: Sr, Mn, средней - Cu, Ni, Pb, Cr, низкой - Mo, Cd, Co, Sn и очень низкой – Hg.

По расчетам произведенным учеными Санкт-Петербургского университета на основании результатов анализа полыни установлено, наиболее высокой аккумуляцией обладает Zn, а также Ag, Mo, Sn.

Анализ связи: содержание химических элементов в почве и растениях показывает с достаточной определенностью, что дополнительное обогащение почвы металлами ведет к их накоплению в растениях.

Как следует из литературных данных [158] самыми интенсивными накопителями Co, Ni, Ti – являются полынь Лерха и сорное растение птичья горчишка. Накоплением относительно большого количества Ca и Mg выделяется лебеда татарская. Наибольшие средние концентрации Sr и Ba, Mn, Cr, Mo отмечены у Эбедена. Тамариск можно считать концентратом

кальция и накопителем всей группы элементов, тесно связанных с Са – Mg, Ba, Sr.

Особенностью верблюжьей колючки оказалось «пристрастие» к Cr и Mo. Из приведенных данных следует, что именно в живой природе заложен огромный потенциал в восстановлении окружающей среды, нарушенной горнодобывающими предприятиями.

Задача исследователей заключается в том, чтобы разработать такие технологии, которые могут оказать помощь в восстановлении растительного покрова. (Таблица 3.18)

Таблица 3.18 – Содержание тяжелых металлов в почве и растениях

Растения Ja	Металлы, мг/кг											
	Свинец			Кадмий			Цинк			Марганец		
	ДУ	растение		ДУ	растение		ДУ	растение		ДУ	растение	
		почва			почва			почва			почва	
	фон	опыт		фон	опыт		фон	опыт		фон	опыт	
Полынь Белоземная	0,5	<u>2,6</u> 53,5	<u>13,3</u> 53,5	0,03	<u>0,07</u> 0,7	<u>0,56</u> 0,7	10,0	<u>3,0</u> 65,0	<u>15,0</u> 65,0	1500- 3000	<u>40,0</u> 800,0	<u>80,0</u> 800,0
Индекс аккумуляции		0,05	0,25		0,1	0,8		0,05	0,2		0,05	0,1
Полынь Жунгарская	0,5	<u>2,6</u> 53,5	<u>10,5</u> 53,5	0,03	<u>0,07</u> 0,7	<u>0,30</u> 0,7	10,0	<u>3,0</u> 65,0	<u>12,0</u> 65,0	1500- 3000	<u>40,0</u> 800,0	<u>60,0</u> 800,0
Индекс аккумуляции		0,05	0,19		0,1	0,42		0,05	0,18		0,05	0,07
Житняк		<u>0,6</u> 53,5	<u>1,0</u> 53,5		<u>0,03</u> 0,7	<u>0,04</u> 0,7		<u>1,0</u> 65,0	<u>3,0</u> 65,0		<u>10,0</u> 800,0	<u>20,0</u> 800,0
Индекс аккумуляции		0,01	0,02		0,04	0,05		0,01	0,05		0,01	0,02

Примечание: ДУ – допустимые уровни тяжелых металлов в пищевых продуктах и кормовых растениях Ja – индекс аккумуляции

Результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных в 2005 году позволили разработать единые технические требования для проведения биорекультивационных работ на техногенных образованиях (складах отходов обогащения вскрышных пород или загрязненных землях) расположенных на территориях горнодобывающих предприятий и технологический регламент для разработки рабочего проекта биологической рекультивации техногенных образований.

Схема проведения биорекультивационных работ включает:

1. Исследования химического, минералогического и гранулометрического состава техногенного образования.

2. Исследование фонового почвенно-растительного покрова на окружающей территории. Анализ почв и определение зависимости растительного покрова от состава почв.

3. Сбор семенного материала с фоновых растений, адаптированных к почвенно-климатическим условиям.

4. Подготовка семян к посеву, заключающаяся в обработке их гуминовым препаратом оптимальной для каждого растения концентрации.

5. Планировка и культурно-техническая съемка, мульчирование перфорированной полиэтиленовой пленкой с междурядьями 15 см без разделки почвы.

6. Высев семян в подготовленную почву.

7. Биофизический мониторинг.

Разработанная схема отображены в технологическом регламенте (см. приложение), который был рассмотрен и утвержден в акимате ПГТ Жезды и АО «Костанайские минералы».

Проведен экономический расчет затрат разработанной технологии на 1 га. Основные показатели приведены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Экономические показатели разработанной технологии

Наименование показателей	Ед.изм.	Стоимость в тенге	
		Единицы	Итого
Горно-техническая съемка	га	2000,0	2000,0
Влагозарядковый полив вода автоцистерна	м <sup>3</sup>	15x5	75,0
	маш/смена	2000,0	2000,0
Перфорированная пленка	м <sup>2</sup>	10000x20,0	200000,0
Семена: полыни житняка	кг	2000,0	8000,0
	кг	200,0	3000,0
Гуминовый препарат	кг	2070,0	2070,0
Итого:			217070,0

Ориентировочный экономический расчет показал, что для биотехнической рекультивации техногенных образования необходимы однократные затраты в сумме около 220 тысяч тенге на 1 га.

### 3.2.3 Энергетическая емкость растворов гуминового препарата и почв

Гуминовые препараты и вода неразделимы, т.к. только в водной среде проявляются уникальные качества этого продукта. Каждая культура неповторима и ее урожайность напрямую зависит от дозировки

препарата. Одним из распространенных агроприемов выращивания растениеводческой продукции является предпосевная обработка семян.

Известно, что хорошие семена являются гарантией получения полноценного урожая. Существует всхожесть лабораторная и полевая. Разрыв между ними бывает ощутимым и сельское хозяйство несет гигантские потери от плохой всхожести семян. От чего же это происходит и какие меры можно принять, чтобы получить полноценные семена? Известно, что накопление веществ в семенах, например в зерне пшеницы, наблюдается определенная последовательность. В них при наливе синтезируются по преимуществу запасные белки. В таком недозревшем зерне, где влажность достигает 80%, много сахаров и белков, но мало крахмала. В период молочной и начала восковой спелости происходит быстрое накопление крахмала, процесс настолько интенсивен, что превосходит интенсивность синтеза белков. Взаимная скорость накопления веществ в большой степени зависит от температуры и влажности воздуха днем и ночью. Сочетание самых разнообразных факторов при перезимовке приводит к тому, что к моменту высева семена оказываются не в самой лучшей энергетической форме. Следовательно, задача земледельца состоит в том, чтобы сделать семена максимально жизнеспособными.

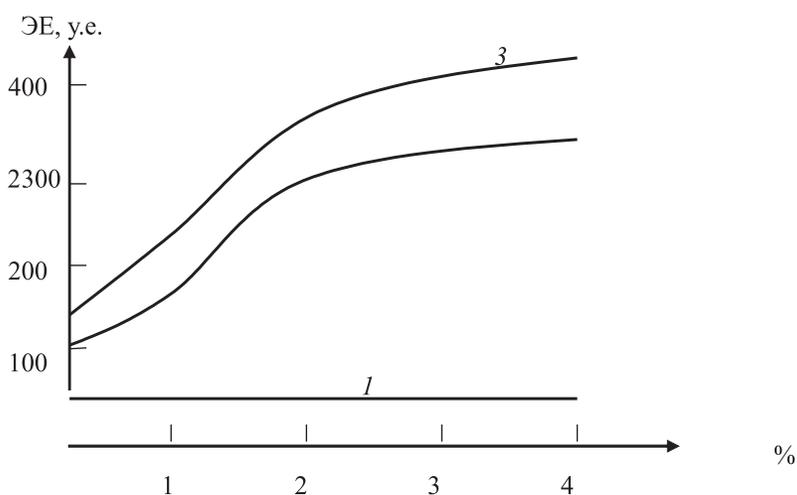
В значительной мере эта задача может быть решена с помощью водных растворов гуматов. Роль воды в развитии растения из семени исключительно важна, поскольку она является материальным субстратом, на котором и с помощью которого природа расставляет по своим местам атомы и молекулы живой материи в развивающихся растениях. Обработка семян гуматами приводит к тому, что помимо наследственных программ ДНК в развитии нового организма задействованы также энергоинформационные программы гуминовых препаратов.

С помощью электрографии семян и вегетирующих растений нам удалось установить, что обработанные водным раствором гуминового препарата семена пшеницы, риса, сои и ячменя обладают повышенным энергетическим потенциалом, что проявляется в более ярком их свечении в высокочастотном поле (эффект Кирлиан). По своему уровню энергетический потенциал обработанных семян и проростков превышает в 2 – 3 раза потенциал контрольных семян.

Если энергетический потенциал семян можно сравнительно легко определить электрографией или измерить с помощью высокочувствительных приборов, серийно выпускаемых промышленностью, то определение энергетики воды и водных растворов связано с большими трудностями.

Исполнителями разработана методика определения энергетической емкости воды и водных растворов. За основу были приняты современные высокоточные приборы для измерения электрической емкости. В качестве

датчиков использовали платиновые электроды особой конструкции. Электроды размещаются и закрепляются на специальной плате на определенном расстоянии друг от друга. Большое значение имеет то, что они должны быть как можно более тонкими, чтобы уменьшить их инерционность и быстрее производить замеры. В настоящее время создан опытный образец, с помощью которого нам удалось впервые получить характеристики энергетической емкости водных растворов гуминового препарата. Уже первые данные позволили обнаружить интересные закономерности в поведении водных растворов гуматов. На рисунке 3.6 показано, что водный раствор гуминового препарата имеет более высокую энергетическую емкость (кривая 2), чем вода (кривая 1). Емкость гуминового препарата вначале нарастает медленно до отметки 100 УЕ (условных единиц), затем быстро увеличивается до 300 УЕ, пик активности находится на отметке 2,5%, после чего емкость понижается, несмотря на увеличение концентрации раствора.



1 – вода водопроводная (контроль); 2 – водный раствор гуминового препарата,%;3 – водный раствор с добавлением ПАВ (жидкого мыла)

Рисунок 3.6 - Энергетическая емкость рабочих растворов гуминового препарата, применяемых для обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений сельскохозяйственных культур

В первом приближении это можно объяснить тем, что, как нами было установлено ранее, растения одного вида (или их семена) имеют только им одним присущую энергетическую емкость. Вероятно, энергоинформационные взаимодействия семян и гуминового препарата

будут давать наибольший эффект только тогда, когда войдут в резонанс оба взаимодействующих объекта, а это возможно лишь в ограниченной области концентраций рабочего раствора гуминового препарата или говоря иначе, при его определенной энергетической емкости.

Добавление в воду ПАВ (жидкое мыло) из расчета 50 г на 1000 л воды и последующее увеличение концентрации растворов гуминового препарата с 0,01 до 4% приводит к ещё большему возрастанию величины их энергоемкости. Следовательно, добавление в растворы гуминового препарата поверхностно активных веществ позволяет получать более энергонасыщенные растворы, которые более эффективно воздействуют на рост и развитие растений.

Последующие измерения энергетической емкости воды, в которой растворяли препарат, позволили установить, что её емкость возрастает при добавлении ПАВ, подчиняясь той же закономерности, что наблюдалась нами раньше (кривая 3). Из этого следует вывод, что механизм повышения энергетической емкости гуминового препарата заключается в нейтрализации жесткости воды, после чего сам раствор гуминового препарата в воде действует эффективно – он не коагулирует и более полно проявляет свои качества.

В результате проведенных исследований был сделан вывод: энергетика воды, семян, растений, почвы является ключевым звеном в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, поэтому сейчас значительные усилия должны быть направлены на внедрение в сельскохозяйственное производство высокочувствительных приборов, с помощью которых можно было бы контролировать энергоинформационные трансформации в почве, воде и растениях, не только в лабораторных условиях. Но и непосредственно в поле.

Определенной энергетической емкостью обладают и почвы, что является одним из показателей, характеризующим уровни их естественного или искусственного плодородия,

Исследования показали, что гуминовые препараты получаемые из бурого угля несут в себе энергоинформационные программы, которые воздействуют на наследственные программы ДНК семян растений, участвуют в развитии нового организма соответствующей сельскохозяйственной культуры. Каждая культура неповторима и обладает определенной энергетической емкостью.

При помощи прибора ПРЭ 1 установлено, что энергоемкость почв в слое 0-50-см в системе вертикальной почвенной зональности Заилийского Алатау подчиняется фундаментальному закону почвенно-климатической зональности (Таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Энергетическая емкость в системе вертикальной почвенной зональности Заилийского Алатау

Почвы	Энергоемкость, у.е.					
	Почв					Атмос- ферного воздуха
	Глубина, см					
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	
Горно-лесные тяжелосуглинистые	81-82	82-87	83-91	90-91	84-85	20-23
Темно-серые лесные	75-82	79-97	95-96	90-91	90	19-21
Черноземы малогумусные карбонатные среднесуглинистые	80-87	85-91	90-99	93-97	92-95	18-20
Темно-каштановые орошаемые среднесуглинистые	73-84	84-87	87-89	84-90	90-91	18-19
Светло-каштановые среднесуглинистые	71-74	74-75	75	75	75	16-17
Луговые сазовые орошаемые солончаковатые среднесуглинистые	79-87	89-91	86-90	97-101	93-96	16-17
Сероземы обыкновенные орошаемые среднесуглинистые	74-79	78-82	81-82	80-81	79-80	14-16
Лугово-сероземные орошаемые солончаковатые среднесуглинистые	72-75	75-76	76-81	81-82	89-90	15-17
Сероземы светлые легкосуглинистые	57-72	72	73	75	78	14-15
Такыровидные солонцевато- солончаковые тяжелосуглинистые	78-79	79-81	81	81-83	79	16-17
Пески барханные	25-63	74-75	64-73	63-70	61-68	13-15

Энергоемкость почв зависит от их влажности, гранулометрического состава и содержания органических веществ. Так, например, наименьшей энергетической емкостью обладают почвы с низким содержанием гумуса. При одинаковой дисперсности и плотности более влажная тяжелосуглинистая почва с относительно высоким содержанием гумуса характеризуется большей энергоемкостью, чем сухая. По всей вероятности это можно объяснить свойствами воды (структурной упорядоченностью). Поскольку молекулы воды обладают способностью образовывать водородные связи, т.е. создавать ассоциаты, то существует бесконечное разнообразие кластеров, несущих в себе энергию и информацию высокой плотности. Поэтому исключительно велика роль воды в жизни растений и почвообразовании [101-102].

При энергоинформационном взаимодействии семян сельскохозяйственных культур и физиологически активных водных растворов гуминового препарата определенной концентрации и почвы, когда все взаимодействующие объекты войдут в биорезонанс, достигается наибольший эффект.

### **3.3 Применение гуминового препарата для повышения урожайности с/х культур**

#### **3.3.1 Влияния концентрации водных растворов препарата и времени их обработки на семена с/х культур**

Изучение эффективности нового физиологически активного гуминового препарата, обогащенного микро- и макроэлементами и экстрактами дикорастущих растений, например полыни белой, проводили путем постановки двух лабораторных опытов, методом биотестирования. Испытание проводили в миниклиматроне, изготовленном силами сотрудников ИГД им. Д.А. Кунаева.

Миниклиматрон, в соответствии и требованиями ГОСТа (ГОСТ 10250-80, ГОСТ 12038-84) оснащен светонагревательными приборами, таймером и терморегулятором. Обработка результатов осуществлялась методом математической статистики с применением дробного метода обработки результатов по Ф.А. Юдину [146].

В первую очередь изучали эффективность различных концентраций экспериментального препарата, на солеустойчивость обработанных семян. Обрабатывали семена пшеницы сорта Саратовская 29, ячменя сорта Черниговская 5, риса сорта Солнечный и сои сорта Эврика. Предпосевную обработку семян пшеницы, ячменя и риса проводили в 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0% -ных водных растворах гумата натрия в течение 60 минут.

Семена сои замачивали в 0,001; 0,005; 0,1; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,1% -ных растворах в течение 10 минут. По истечении времени обработки семян испытуемых культур, их извлекали из рабочих растворов экспериментального гумата натрия, подсушивали при температуре 20-40°C до кондиционной влажности и высевали в аналитические стаканы объемом 0,5 л без дренажа с лугово-сероземной орошаемой солончаковой сильнозасоленной среднесуглинистой почвой, отобранной в ТОО Панфиловский Талгарского района Алматинской области, следующего химического состава, %: плотный остаток 0,647;  $\text{HCO}_3^-$  0,019;  $\text{Cl}^-$  0,031;  $\text{SO}_4^-$  1,08;  $\text{Ca}^{2+}$  0,31;  $\text{Mg}^{2+}$  0,030;  $\text{Na}^+$  0,147; рН 7,55 и подвижный бор 8,51 мг/кг почвы.

Проращивание семян проводилось в термостате в соответствии с требованиями ГОСТа (ГОСТ 10250980, ГОСТ 12038-84). Кратность каждого опыта – 5 экспозиций.

Посевы риса поливали по масс водопроводной водой до полного насыщения субстрата. Влажность субстрата в сосудах с остальными культурами поддерживали на уровне 65-70% его полной влагоемкости. Экспозиция опыта 20 суток.

Результаты исследований приведены в таблице 3.21, из которой видно, что предлагаемый способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур повышает энергию прорастания, всхожесть семян и стимулирует раннее развитие растений на сильнозасоленной почве.

Известно, что все культурные гликофитные растения проявляют наибольшую чувствительность к неблагоприятному воздействию солей в молодом возрасте, особенно в период прорастания семян и появления всходов.

Таблица 3.21 - Влияние различных концентраций гумата натрия на прорастание семян и раннее развитие сельскохозяйственных культур в условиях сильного засоления почвы.

Культура	Варианты предпосевной обработки семян	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Средняя высота, см	Признаки угнетения растений	
Пшеница Саратовская 29	Сухие семена – контроль	14	18	11,4±0,43	Пожелтение и усыхание листовых пластин. Пожелтение и усыхание листовых пластин.	
	Семена, замоченные в дистиллированной воде – контроль 2	16	23	12,1±0,51		
	Семена, замоченные в гумате натрия, 0,1% -ный р-р		27	43	14,7±0,42	Пожелтение и усыхание верхушек листьев Пожелтение и усыхание листовых пластин.
		0,5% -ный р-р	41	52	16,9±0,68	
	1,0% -ный р-р	45	55	18,5±0,74	Нет	
	1,5% -ный р-р	47	70	23,8±1,01	Нет	
	2,0% -ный р-р	49	81	24,6±0,71	Нет	
	2,5% -ный р-р	44	77	24,1±0,57	Нет	
	3,0% -ный р-р	42	74	23,2±1,07	Светло-зеленая окраска	
	3,5% -ный р-р	36	71	21,4±0,80	Светло-зеленая окраска	
	4,0% -ный р-р	35	66	19,2±0,63	Пожелтение листовых пластин	

Ячмень Черниговский 5	Сухие семена – контроль	12	16	9,3±0,37	Пожелтение листовых пластин
	Семена, замоченные в дистиллированной воде – контроль 2	17	25	11,7±0,30	Пожелтение листовых пластин
	Семена, замоченные в тумате натрия,	33	56	15,0±0,41	Пожелтение листовых пластин
	0,1% -ный р-р	42	70	15,4±0,38	Нет
	0,5% -ный р-р	45	72	18,0±0,70	Нет
	1,0% -ный р-р	53	80	19,3±0,61	Нет
	1,5% -ный р-р	55	84	21,5±0,77	Нет
	2,0% -ный р-р	57	87	23,2±1,09	Нет
	2,5% -ный р-р	51	82	22,2±0,99	Нет
	3,0% -ный р-р	46	80	20,4±0,71	Светло-зеленая окраска
	3,5% -ный р-р	42	74	19,0±0,65	Светло-зеленая окраска
	4,0% -ный р-р	6	18	6,9±0,23	Скручивание и усыхание листовых пластин
	Сухие семена – контроль	11	25	7,4±0,36	Скручивание и усыхание листовых пластин
	Семена, замоченные в дистиллированной воде – контроль 2	34	47	9,4±0,37	Пожелтение листовых пластин
Семена, замоченные в тумате натрия,	42	54	10,7±0,44	Пожелтение листовых пластин	
0,1% -ный р-р	45	56	11,9±0,40	Нет	
0,5% -ный р-р	45	67	12,4±0,67	Нет	
1,0% -ный р-р	56	82	13,0±0,71	Нет	
1,5% -ный р-р	63	87	13,7±0,55	Нет	
2,0% -ный р-р	57	84	13,1±0,77	Нет	
2,5% -ный р-р	57	80	12,0±0,60	Нет	
3,0% -ный р-р	54	75	11,7±0,47	Пожелтение верхушек листьев	
3,5% -ный р-р					
4,0% -ный р-р					

Соя Эврика	Сухие семена – контроль	16	30	13,7±0,72	Подделение листовых пластин
	Семена, замоченные в дистиллированной воде – контроль 2	20	32	14,2±0,60	Пожелтение листовых пластин
	Семена, замоченные в гумате натрия, 0,001% -ный р-р	24	43	16,4±0,71	Пожелтение верхушек листьев
	0,005% -ный р-р	36	57	20,2±0,64	Нет
	0,01% -ный р-р	43	68	22,3±1,11	Нет
	0,02% -ный р-р	41	65	21,9±0,90	Нет
	0,03% -ный р-р	10	63	21,3±0,55	Нет
	0,04% -ный р-р	10	61	20,7±0,70	Нет
	0,05% -ный р-р	35	60	19,7±0,57	Светло-зеленая окраска
	0,1% -ный р-р	33	57	19,5±0,71	Скелло-зеленая окраска

Более низкие, а также высокие концентрации гумата натрия не оказывают существенного влияния на посевные качества семян и недостаточно эффективны в повышении солеустойчивости растений в период их раннего развития.

Исследованы оптимальные временные предпосевной обработки семян пшеницы сорта Саратовская 29, ячменя сорта Черниговский 5, риса сорта Солнечный и сои сорта Эврика. В водных растворах гумата натрия при сильном засолении почв. Предпосевную обработку семян проводили в рабочих растворах, которые оказались наиболее эффективными на фоне сильного засоления почвы в предыдущем опыте. Для семян пшеницы использовали 2,0- процентный раствор, ячменя – 2,5 – процентный раствор гумата натрия.

По 100 г семян пшеницы, ячменя и риса замачивали в приготовленных рабочих растворах в течение 10, 30, 60, 120, 180, 240, 360 и 420 минут. Сои – в течение 5, 10, 20, 30, 40, 60, и 120 минут.

Обработанные семена подсушивали при температуре 50-40°C до кондиционной влажности и высевали в стаканы без дренажа емкостью 0,5 л, наполненные образцами следующих почв:

1) лугово-сероземной орошаемой солончаковой сильнозасоленной среднесуглистой, отобранной на Талгарском массиве орошения, следующего химического состава, %: плотный остаток 0,647;  $\text{HCO}_3^{-1}$  0,019;  $\text{Cl}^{-1}$  - 0,031;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 1,08;  $\text{Ca}^{2+}$  - 0,31;  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,030;  $\text{Na}^{+}$  - 0,147; pH 7,55 и подвижный бор 8,51 мг/кг почвы.

2) Такыровидный солонцевато-солончаковый сильнозасоленный тяжелосуглинистой, отобранной на Акдалинском массиве орошения (Южнее Прибалхашье), следующего химического состава, %: плотный остаток 1,39;  $\text{HCO}_3^{-1}$  0,029;  $\text{Cl}^{-1}$  0,050;  $\text{SO}_4^{11}$  0,889;  $\text{Ca}^{2+}$  - 0,060;  $\text{Mg}^{2+}$  -0,006;  $\text{Na}^{+}$  - 0,405; pH 7,80 и подвижный бор 3,42 мг/кг почвы. Посевы поливали водопроводной водой аналогично предыдущему опыту. Экспозиция опыта 15 суток.

Схема опыта и результаты испытаний проведены в таблице 3.22. Данные таблицы свидетельствуют о том, что оптимальная продолжительность обработки семян пшеницы и риса в водных растворах гумата натрия соответствует 30-120, ячменя – 30-240, а сои – 5-10 минут.

Таблица 3.22 – Влияние времени замачивания семян сельскохозяйственных культур в растворах гумата натрия на их всхожесть на засоленных почвенных разностях Талгарского и Акдалинского массивов орошения

Культура, концентрация гумата натрия в %	Время обработки семян, минуты	Всхожесть, %
1	2	3
Субстрат – лугово-сероземная орошаемая солончаковая сильнозасоленная среднесуглинистая почва		
Пшеница Саратовская 29, 2,5% –ный раствор	10	68
	30	79
	60	81
	120	82
	180	75
	240	76
	360	74
	420	71
Ячмень Черниговский 5, 2,5% -ный раствор	10	75
	30	81
	60	85
	120	87
	180	84
	240	82
	360	79
	420	76
Рис Солнечный, 2,5% -ный раствор	10	71
	30	85
	60	88
	120	90
	180	83
	240	80
	360	78
	420	75
Соя Эврика, 0,01% -ный раствор	5	64
	10	69
	20	67
	30	63
	40	60
	60	61
	120	57

Субстрат – такыровидная солонцевато-солончаковая сильнозасоленная тяжело-суглинистая почва		
Пшеница Саратовская 29, 2% -ный раствор	10	59
	30	73
	60	76
	120	75
	180	72
	240	70
	360	70
	420	67
Ячмень Черниговский 5, 2,5%-ный раствор	10	64
	30	77
	60	80
	120	82
	180	81
	240	79
	360	74
	420	71

Достоверность опытных данных и их обработка осуществлялась методом математической статистики с применением дробного метода обработки результатов по Ф.А. Юдину.

В лабораторных опытах по изучению времени обработки семян при оптимальных концентрациях гумата натрия мы столкнулись с фактом значительного изменения солеустойчивости семенного материала в зависимости от продолжительности его хранения после обработки. Это послужило основанием для проведения дополнительных опытов по изучению влияния продолжительности периода «предпосевная обработка – посев» на всхожесть семян риса сорта Солнечный, ячменя сорта Арна, пшеницы сорта Саратовская 29 и сои сорта Эврика в интервале оптимальных концентраций рабочих растворов исследуемого гумата, установленных в предыдущих опытах [103-104].

Результаты исследований приведены в таблице 3.23, из которой видно, что при обработке семян сельскохозяйственных культур в водных растворах гумата натрия существенное значение имеет продолжительность отлежки обработанных семян.

Таблица 3.23 - Влияние продолжительности отлежки, обработанных гуминовым препаратом семян сельскохозяйственных культур на их всхожесть при сильном засолении почвы

Сроки высева семян	Рис Солнечный, 2,5%-ный раствор	Ячмень Арна, 2,5%-ный раствор	Пшеница Саратовская 29, 2,0%-ный раствор	Соя Эврика, 0,02%-ный раствор
	всхожесть, %			
В день обработки	87	89	83	68
Через 1 сутки после обработки	88	90	84	71
на 3-и сутки	88	90	86	73
на 6-е сутки	92	94	89	75
на 9-е сутки	94	96	88	74
на 12-е сутки	95	97	87	74
на 15-е сутки	95	95	87	74
на 30-е сутки	94	95	87	75

Оптимальный стимулирующий эффект предпосевной обработки семян на всхожесть риса и ячменя в условиях сильного засоления почвы отмечался на 6-е сутки, пшеницы – на 3-и сутки, а сои – через 1 сутки после обработки и сохранялся в течение всего периода наблюдений – 30 суток. Поэтому для условий сельскохозяйственного производства экономически оправданным является преимущественное использование на засоленных почвах обработанного гуматом натрия семенного материала с продолжительностью отлежки от 1 до 30 суток.

Полученные данные очень выгодны для производителей сельскохозяйственной продукции, т.к. посевной материал можно заготовить заранее перед посевом.

### 3.3.2 Влияние уровня влажности и засоления почв при посеве семян, обработанных гуминовым препаратом

Интересно было проверить полученные результаты по предпосевной обработке семян в совокупности с другими агротехническими приемами, способствующими ускоренному получению всходов риса и сопутствующих рису культур на засоленных почвах.

Известно, что культурные растения проявляют наибольшую чувствительность к неблагоприятному воздействию солей в молодом возрасте, особенно в период прорастания семян и появления всходов [105-107]. Поэтому получение нормальных всходов и обеспечение их роста и развития на ранних этапах онтогенеза является решающим моментом для повышения эффективного плодородия засоленных почв, а все агромероприятия, направленные к ускорению получения всходов, способствуют ускорению роста растений и их экологической устойчивости. Одним из таких мероприятий является создание и поддержание оптимальной влажности засоленной почвы.

В соответствии с биологическими особенностями семена риса на незасоленных почвах более дружно прорастают при уровнях влажности, благоприятных для суходольных культур. Но на засоленных почвах всходы риса часто погибают из-за избытка солей в почвенном растворе и влияния щелочеобразующих факторов. Поэтому в данном случае получение и сохранение всходов зависит прежде всего от правильно выбранного режима орошения в период от наклевывания семян до выхода растений на поверхность и образования 2-3-х листьев.

Изучение оптимальной влажности сильнозасоленной почвы для семян риса, ячменя, сорго и кукурузы, обработанных перед посевом в оптимальных режимах водными растворами гумата натрия, проведено в лабораторных условиях, результаты которых представлены в таблице 2.2.12. Из таблицы 2.2.12 видно, что наилучшей средой в период прорастания обработанных гуматом натрия семян и в фазе 2-3-х листьев как для суходольных культур, так и для риса является увлажненный почвенный субстрат. Уровни увлажнения сильнозасоленного субстрата в интервале 60-80% от полной влагоемкости стимулировали всхожесть обработанных семян и раннее развитие ячменя, сорго и кукурузы, а в интервале 70-90% были наиболее предпочтительны для риса. Весьма показательно, что понижение уровня влажности сильнозасоленного субстрата с 70 до 40% способствует резкому снижению всхожести семян испытываемых культур и вызывает ярко выраженные патологические симптомы угнетения проростков, тогда как избыточное увлажнение субстрата меньше влияет на раннее развитие растений, но заметно ухудшает всхожесть семян. Оптимальные величины влажности сильнозасоленного субстрата оказались выше уровней влажности незасоленных почв, что согласуется с результатами других исследователей.

Приведенные данные дают основание полагать, что для получения полноценных всходов испытываемых суходольных культур на щелочных сильнозасоленных почвах Акдалинского массива орошения влажность верхнего корнеобитаемого слоя не должна опускаться ниже 70% его полной влагоемкости.

В вышеописанных лабораторных опытах уровни засоления и солевые

составы испытываемых почвенных субстратов были постоянными, что позволило установить стабильное стимулирующее действие физиологически активного гуминового препарата на экологическую устойчивость сельскохозяйственных культур при оптимальных режимах предпосевной обработки. Поэтому в последующих экспериментах необходимо было изучить влияние разной степени засоления такыровидных почв на прорастание обработанных гуматом натрия семян риса, развитие растений в онтогенезе и их семенную продуктивность.

Известен общебиологический эффект торможения роста растений повышенными концентрациями солей в почве. По данным цитологических исследований Л.Д. Авиловой [108], причиной торможения роста при избытке солей в проростках является то, что в этих условиях ингибируются обе фазы ростовых процессов деления и растяжения клеток, причем вторая из этих фаз угнетается даже в большей степени чем первая. Характер торможения ростовых процессов и величина урожая зависят от типа и степени засоления почвы и определяется уровнем биологической солеустойчивости возделываемых культур в сортовом аспекте. Поэтому вполне естественен и понятен тот факт, что в условиях разнокачественного засоления прорастание семян, а также рост вегетативных органов растений риса значительно угнетается и тем сильнее, чем выше уровень засоления почвы.

Это согласуется с результатами экспериментальных исследований.

Из данных приведенных в таблицах особый интерес представляет закономерное снижение всхожести семян, высоты растений и их семенной продуктивности с возрастанием уровня засоления почвы во всех вариантах опыта. Угнетающее действие солей в меньшей степени сказывается на растениях, подвергнутых предпосевной обработке 2,5% водным раствором гумата натрия, но сильно отражалось на растениях контрольных вариантов, в которых сильнозасоленная почва с «СЭ» 6,51 мг-экв С1' способствовала полной гибели растений в фазе 2-3-х листьев.

Количественной мерой солеустойчивости является степень снижения урожая растений при засолении к их урожаю на незасоленном фоне [109]. По этому показателю в контрольных вариантах слабое засоление снижало урожай зерна риса на 53,3%, среднее – на 70,5%, сильное – на 92,7 –100%, а в опытных вариантах соответственно – 34,6; 49,1 и 76,3 -91,3%. Анализ полученных данных показывает, что более высокая биологическая солеустойчивость растений опытных вариантов по сравнению с контрольными служит основным критерием объясняющим высокую эффективность применения предпосевной обработки семян гуматом натрия на сильнозасоленных почвах, на которых прибавка урожая зерна риса составляла 292,6%. С понижением уровня засоления прибавки урожая зерна риса закономерно уменьшались и на незасоленных почвах составляли 20,9%.

Таблица 3.24- Влияние влажности незасоленной и сильнозасоленной почвы на всхожесть обработанных гуминовым препаратом семян и раннее развитие сельскохозяйственных культур

Влажность, % от полной влагоёмкости	Рис Кубань 3			Ячмень Арна			Сорго Веничное 623			Кукуруза ЗПСК 678		
	всхожесть, %	средняя высота, см	степень угнетения растений	всхожесть, %	средняя высота, см	степень угнетения растений	всхожесть, %	средняя высота, см	степень угнетения растений	всхожесть, %	средняя высота, см	степень угнетения растений
Под слоем воды в 1 см	91	18,3	нет									
100	96	18,7	нет	44	17,4	слабая	50	14,4	слабая	61	16,7	слабая
90	97	19,3	нет	72	21,7	слабая	54	15,1	слабая	75	17,4	нет
80	90	18,5	нет	90	23,4	слабая	62	15,4	нет	90	18,2	нет
70	86	18,1	нет	95	27,6	нет	82	17,6	нет	96	18,9	нет
60	77	16,3	нет	99	28,1	нет	95	18,3	нет	95	19,1	нет
50	61	14,1	слабая	92	25,6	слабая	80	15,1	нет	86	16,4	слабая
40	54	12,7	средняя	90	22,3	слабая	73	13,6	слабая	77	12,1	слабая
Субстрат –такрывидная незасоленная среднесуглинистая почва												
Под слоем воды в 1 см	71	14,2	слабая									
100	84	16,3	нет	76	18,7	средняя	63	13,7	средняя	67	17,1	средняя
90	87	17,1	нет	82	20,4	слабая	71	14,8	слабая	73	17,6	слабая
80	83	16,0	нет	85	21,1	нет	82	15,7	нет	81	17,8	нет
70	75	15,3	нет	90	22,4	нет	86	16,3	нет	84	18,9	нет
60	61	11,7	слабая	87	20,7	нет	77	15,1	нет	77	17,9	слабая
50	47	10,3	слабая	70	15,3	средняя	63	13,4	слабая	65	12,6	сильная
40	34	8,8	слабая	47	10,4	сильная	56	10,3	средняя	57	9,3	очень сильная
Субстрат -такрывидная солончаково-солончаковая сильнозасоленная тяжелосуглинистая почва												

Таблица 3.25 – Эффективность предпосевной обработки семян водным раствором гуминового препарата на продуктивность риса сорта Кубань при разных уровнях засоления такыридных почв в вегетационных сосудах.

Степень засоления почвенных образцов	Сумма солей, %	«Суммарный эффект», мг-экв Cl <sup>-</sup>	Всхожесть семян, %	Высота растений по фазам вегетации, см			Урожай зерна, г/сосуд	% к урожаю незасоленного фона	Прибавка к контролю, %
				всходы	кущение	трубкование			
Контроль – сухие необработанные семена									
Незасоленные	0,110	0,18	43	10,7 ± 0,5	34,5 ± 1,6	73,1 ± 3,7	96,3 ± 4,8	93,1 ± 4,7	100
Слабозасоленные	0,473	0,81	36	9,6 ± 0,5	31,0 ± 1,4	69,5 ± 2,9	93,1 ± 3,7	43,5 ± 2,1	100
Среднезасоленные	0,810	2,51	33	9,1 ± 0,4	26,6 ± 1,2	63,3 ± 2,1	81,6 ± 4,1	27,5 ± 1,6	100
Сильнозасоленные	1,763	5,10	27	8,5 ± 0,2	20,6 ± 0,9	54,2 ± 2,4	63,1 ± 3,3	6,8 ± 0,4	100
Сильнозасоленные	2,150	6,51	21	7,9 ± 0,3	рис погиб в фазе всходов				
Семена, обработанные 2,5% водным раствором гуминового препарата									
Незасоленные	0,110	0,18	68	13,1 ± 0,4	42,7 ± 2,1	85,4 ± 4,0	112,7 ± 1,9	112,6 ± 3,4	120,9
Слабозасоленные	0,473	0,81	63	11,3 ± 0,4	41,3 ± 2,7	82,7 ± 3,9	102,5 ± 5,1	73,7 ± 4,1	169,4
Среднезасоленные	0,810	2,51	56	10,2 ± 0,3	33,7 ± 1,9	74,4 ± 2,7	93,1 ± 3,8	57,3 ± 3,7	208,3
Сильнозасоленные	1,763	5,10	50	9,4 ± 0,3	27,6 ± 2,4	71,5 ± 3,1	81,9 ± 4,4	26,7 ± 2,4	392,6
Сильно-засоленные	2,150	6,51	43	9,0 ± 0,4	25,9 ± 1,1	65,1 ± 1,9	76,3 ± 3,1	9,8 ± 0,7	8,7

Таблица 3.26 – Эффективность применения предпосевной обработки семян кукурузы и сорго водными растворами гуминового препарата на лугово-сероземной орошаемой сильнозасоленной почве в лизиметрическом опыте.

Вариант предпосевной обработки семян	Доза навоза, т/га	Глубина заделки навоза, см	Всхожесть семян, %	Средняя высота растений, см	Биологическая урожайность зеленой массы, кг/п.м.	Прибавка к контролю, %
Кукуруза гибрида ЗПСК 678						
1. Необработанные семена – контроль	0	0	40	73 ± 3,7	0,187	100
2. 0,9% р-р гумата натрия	0	0	65	122 ± 3,1	0,387	206,9
3. Необработанные семена	40	0-20	59	127 ± 4,3	0,431	100
4. 0,9% р-р гумата натрия	40	0-20	71	140 ± 2,9	0,517	119,9
5. Необработанные семена	40	0-10	62	131 ± 5,5	0,467	100
6. 0,9% р-р гумата натрия	40	0-10	74	146 ± 5,7	0,579	123,9
Сорго Веничное 623						
1. Необработанные семена – контроль	0	0	52	76 ± 6,1	0,072	100
2. 1,5% р-р гумата натрия	0	0	68	80 ± 4,0	0,101	140,3
3. Необработанные семена	40	0-20	58	103 ± 4,5	0,128	100
4. 1,5% р-р гумата натрия	40	0-20	75	118 ± 3,7	0,179	139,8
5. Необработанные семена	40	0-10	60	112 ± 5,1	0,156	100
6. 1,5% р-р гумата натрия	40	0-10	81	135 ± 5,7	0,231	148,1

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для обработанных гуматом натрия семян риса допустимые уровни засоления такыровидных почв при низкой естественной дренируемости почвогрунтов и сульфатном кальциево-натриевом солевом составе составляют 2,0-2,2%. Эти уровни засоления в 7-11 раз выше по сравнению с проектными нормами, принятыми в мелиоративной практике при освоении засоленных почв классическими методами, что является надежной основой для широкого применения агроприема предпосевной обработки семян исследуемым препаратом в совокупности с другими приемами дифференцированной агротехники в сельскохозяйственном производстве с целью направленного повышения агрономической солеустойчивости риса на сильнозасоленных участках без трудоемких предварительных промывок.

### **3.4 Оптимизация технологических параметров получения гуминовых препаратов для проведения полевых испытаний**

Результаты проведенных лабораторных исследований показали эффективность гуминового препарата, получаемого по разработанной технологии.

Для закладки производственных и полевых опытов необходимо было иметь в наличии не менее 10 кг этого препарата. С этой целью были подготовлены площади и соответствующее оборудование для проведения укрупненных испытаний технологии и получения требуемого количества препарата. Технологический процесс осуществляется по следующей схеме: исходное сырье (бурый уголь) очищается от посторонних включений с помощью системы сит и обрабатывается 40% раствором гидроксида натрия, при температуре 18-35°C. Обработанный бурый уголь укладывается в бурт высотой 50-70 см, герметично закрывается полиэтиленовой пленкой и оставляется на 12-15 часов. Затем бурт разравнивается слоем в 2-3 см на специально подготовленной площадке, подсушивается до влажности 18-22%. Далее полученную основу подвергают обогащению микроэлементами путем мелкодисперсного распыления водных растворов сернокислого цинка, сернокислого железа, сернокислого кобальта, сернокислой меди, молибденово-кислого аммония, калия сернокислого и экстрактом полыни белой. Обработанный таким образом гумат натрия тщательно перемешивают, подсушивают теплым воздухом до влажности 15-18%. Полученный препарат содержит (мас.%):

гуминовые соединения	– 40,0
натрий	– 23,0
калий	– 0,06
фосфор	– 0,06

цинк	– 0,2
железо	– 0,2
молибден	– 0,13
кобальт	– 0,03
медь	– 0,03
азот общий	– 3,0
вода	– 16,0

В результате проведенных технологических операций был получен продукт темного цвета, порошкообразный, не слеживающийся в количестве 10 кг.

Предварительный технико-экономический расчет производства физиологически активного гуминового препарата показал, что стоимость его составляет 1580-1600 тенге за 1 кг.

Параллельно, в этом же помещении исполнителями были проведены лабораторные испытания технологии получения биологически активного гуминового препарата, который может быть использован в качестве лечебно профилактической кормовой добавки при откорме с/х животных и птицы. Основными компонентами препарата являются гуминовые кислоты, макро- и микроэлементы (железо, медь, цинк, натрий, молибден, кобальт, фосфор, калий).

В результате испытаний было наработано 500 г препарата, представляющего собой гранулированный продукт темного цвета. Технология его получения является «ноу-хау» разработчиков и заключается в высокотемпературной обработке бурого угля, многократной экстракции и сушке. Ориентировочный технико-экономический расчет показал, что стоимость его составляет 6960 тенге за 1 кг.

Препарат направлен на исследование в химическую лабораторию КазНУ им. Аль-Фараби.

### **3.4.1 Оптимизация параметров предпосевной обработки семян гуминовым препаратом при полевых испытаниях**

Полевые испытания проводили на лугово-сероземных орошаемых среднесуглинистых почвах крестьянского хозяйства «Оксана». Разработанная технология предпосевной обработки семян сельскохозяйственных растений создает предпосылки для сокращения мелиоративного периода при освоении сильнозасоленных почв без их предварительных промывок, так как обеспечивает значительное повышение агрономической солеустойчивости растений по сравнению с контрольным. Результаты испытаний на примере пшеницы и сои приведены в таблице 3.27, 3.28.

Испытуемые растения, подвергнутые предпосевной обработке семян гуминовым препаратом, характеризуются наибольшей приспособленностью к повышенной концентрации солей в активной корнеобитаемой зоне и другим неблагоприятным факторам (солонцеватость, патогенная микрофлора, малогумусность и др.), лимитирующим продуктивность агроценозов.

По данным полевого производственного опыта, заложенного на лугово-сероземных орошаемых среднесуглинистых почвах крестьянского хозяйства «Оксана» Енбекшиказахского района Алматинской области, разработанный агроприем обеспечил повышение урожайности озимой пшеницы Безостая 1 на 8,6 ц /га (36,4%) и увеличение количества сырой клейковины в зерне до 29,4%. В контрольном варианте содержание клейковины в зерне составляло 25,4%.

Таблица 3.27 – Результаты полевых испытаний влияния обработки семян гуминовым препаратом на урожайность пшеницы.

	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, %	Клейковина, %
1. Необработанные семена-контроль	121	Агроприем	100	25,4
2. Семена, обработанные 2%-ным водным раствором гуминового препарата	107	32,2	136,4	29,4

На светло-каштановых орошаемых среднесуглинистых почвах крестьянского хозяйства «Оксана» урожайность зерна сои сорта Букурия от предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений 0,04% водным раствором гумата натрия повысилась на 4,1-7,0 ц/га, или на 20,4 - 34,8%. При этом отмечался стимулирующий эффект агроприемов в образовании клубеньков на корнях растений, обусловленных жизнедеятельностью клубеньковых бактерий, фиксирующих в симбиозе с соей азот из воздуха.

Таблица 3.28 – Результаты полевых испытаний влияния предпосевной обработки семян гуминовым препаратом на урожайность сои.

Агроприем	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю %	Количество клубеньков на корнях растений в слое 0-15 см, шт
Необработанные семена (контроль)	8,4	20,1	100	27,4
Обработка семян 0,04% р-ром гумата натрия	10,9	24,2	120,4	41,8
Обработка семян 0,04% р-ром гумата натрия + опрыскивание растений 0,04% р-ром гумата натрия в фазе 4-го тройчатого листа	21,3	27,1	134,8	54,7

В связи с проблемой сохранения озера Балхаш и острым дефицитом водных ресурсов, сложившимися после зарегулирования стока реки Или Капшагайским водохранилищем, перед рисоводами Южного Прибалхашья стоит задача о пересмотре специализации производства путем уменьшения доли риса в общей посевной площади и увеличения доли других рентабельных, высокоурожайных сельскохозяйственных культур.

Оптимальная насыщенность севооборотов рисом и рациональное уплотнение его промежуточными культурами повышает выход сельскохозяйственной продукции с единицы площади, увеличивает коэффициент использования земли, однако при этом возрастают требования к агротехническим приемам возделывания культур и методам повышения продуктивности щелочных почв рисовых полей.

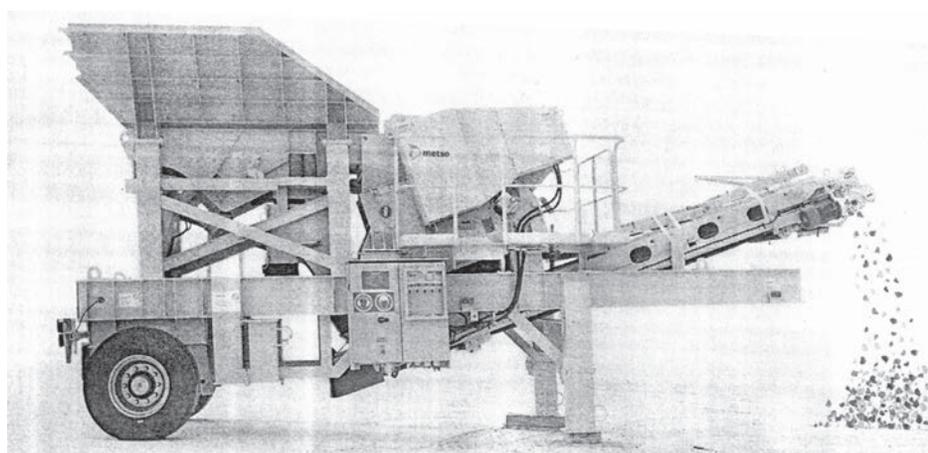


Рисунок 3.7 – Установка для получения гуминового препарата

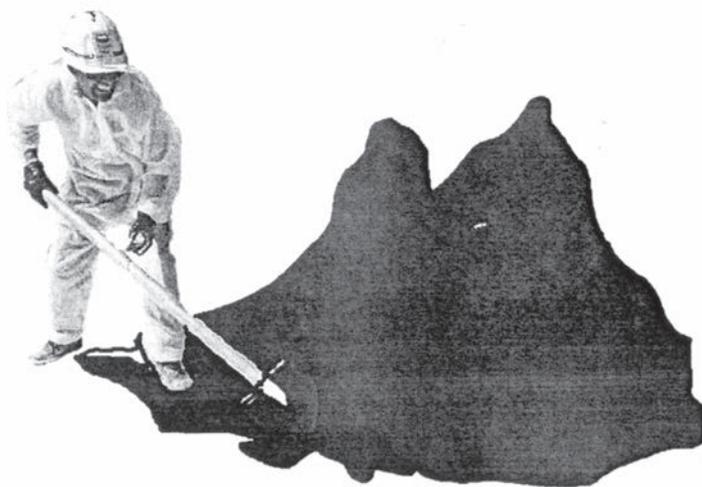


Рисунок 3.8 – Подготовка сырья для просушки

Высокая пространственная неоднородность почв Акдала-Баканасской дельты по засолению и щелочеобразующим факторам, лимитирующим продуктивность агроценозов, создает крайне неблагоприятные условия для роста, развития и формирования урожая промежуточных культур рисового севооборота, что является серьезным препятствием в развитии кормопроизводства в рисоводческих хозяйствах без применения специальных агро-мелиоративных приемов, повышающих солеустойчивость кормовых культур и эффективное плодородие засоленных почв.

Установлено, что в условиях Акдалинского и Талгарского массивов орошения одним из приемов направленного повышения экологической устойчивости таких перспективных культур, как кукуруза, сорго, пшеница и соя является предпосевная обработка семян водными растворами физиологически активного гумата натрия в оптимальных режимах, полученных в серии лабораторных опытов.

Изучение эффективности агроприемов предпосевной обработки семян исследуемым препаратом на продуктивность кормовых, зерновых и зернобобовых культур проводили в лизиметрическом и полевых производственных опытах.

Результаты лизиметрического опыта показали, что разработанные агроприемы способствовали повышению урожайности зеленой массы кукурузы ЗПСК678 на лугово-сероземной сильнозасоленной почве по сравнению с контролем на 106,9%, сорго Веничное 623 – на 40,3%.

Из вышеизложенного следует, что предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур водными растворами гумата натрия в

комплексе с другими агротехническими приемами создает благоприятные условия для сокращения мелиоративного периода при освоении сильнозасоленных почв и широкого вовлечения в сельскохозяйственный оборот слабо- и средnezасоленных почв без их предварительных промывок. Солеустойчивость обработанных семян усиливается при посеве по фону навоза, внесенному из расчета 40 т/га с заделкой в слое 0-10 см и проектного режима орошения на соответствующем мелиоративном фоне.

На незасоленных почвах агроприемы предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений водными растворами исследуемого препарата повышают урожайность зерновых и зернобобовых культур до 20,4-36,4%, улучшают хлебопекарные качества зерна пшеницы и стимулируют жизнедеятельность азотфиксирующих клубеньковых бактерий на корнях сои.

### **3.4.2 Оптимизация глубины заделки, обработанных гуминовым препаратом семян зерновых культур**

В 2002-2003 гг в серии лабораторных опытов на сильнозасоленных почвах установлено стабильное действие оптимальных концентраций гуминового препарата на экологическую устойчивость зерновых, зернобобовых и кормовых культур, а также определено, что эффективность применения обработанного семенного материала в экстремальных условиях среды зависит от продолжительности его предпосевной обработки в рабочих растворах препарата и времени отлежки семян после обработки на фоне оптимальной влажности засоленной почвы – 70 % их полной влагоемкости (что примерно соответствует показателям наименьшей влагоемкости почвогрунтов). Учитывая, что для получения полноценных всходов зерновых культур на засоленных участках особое значение имеет также и глубина заделки семян в почву, экспериментально изучалось влияние этого агроприема на экологическую устойчивость обработанных гуминовым препаратом семян риса и ячменя на фоне оптимальной влажности сильнозасоленного почвенного субстрата, установленной в предыдущем опыте.

Известно, что с увеличением глубины заделки необработанных физиологически активными препаратами семян риса в засоленную почву ухудшаются условия аэрации, возрастает продолжительность неблагоприятного воздействия фитотоксичных солей на проростки в период наибольшей их чувствительности к ингибиторам роста и развития, замедляется образование ассимилирующих органов, снижается их стойкость к засолению и происходит массовая гибель всходов в фазе 2-3-х листьев [111-118].

Поэтому на засоленных участках обычно рекомендуется наиболее мелкая заделка семян, обеспечивающая получение полноценных всходов риса в конкретных климатических, почвенно-мелиоративных и других условиях посева данной культуры.

На засоленных почвах Алматинской и Кызылординской областей чаще применяется разбросной способ посева риса на поверхность почвы или рядовой посев с заделкой семян на глубину 1-2 см.

Результаты проведенных нами исследований, представленных в таблице 3.29, показывают, что при заделке обработанных гуминовым препаратом семян в аллювиально-луговую орошаемую сильнозасоленную среднесуглинистую почву на глубину 3 см происходила полная гибель семян ячменя, а всхожесть риса снижалась до 10 %. При заделке семян на глубину 0,5 см показатели всхожести составляли соответственно 65 и 84 %.

Таблица 3.29 – Влияние глубины заделки, обработанных гуминовым препаратом семян.

Глубина заделки семян, см	Ячмень Арна		Рис Кубань 3	
	Всхожесть, %	Средняя высота растений, см	Всхожесть, %	Средняя высота растений, см
0,5	65	17,3 ± 1,09	84	12,4 ± 0,51
1,0	57	17,4 ± 0,88	71	11,1 ± 0,47
1,5	51	16,7 ± 0,44	63	8,2 ± 0,63
2,0	31	12,7 ± 0,91	41	5,0 ± 0,33
2,5	12	8,1 ± 0,59	30	3,5 ± 0,17
3,0	0	0	10	3,2 ± 0,19

Как видно из результатов испытаний проведенных на образцах сильно засоленной аллювиально-луговой почвы опытного поля Приаральского НИИ агроэкологии и сельского хозяйства всхожесть семян обработанных гуминовым препаратом и раннее развитие зерновых культур зависит от глубины заделки семян.

Лучшие условия для раннего развития растений испытываемых культур создавались при более мелкой глубине заделки семян в пределах 0,5 – 1,0 см. Полученные данные согласуются с результатами вышеприведенных исследователей, что дает основание полагать: оптимальная глубина заделки обработанных семян зерновых культур в условиях засоления соответствует агротехническим требованиям, установленным для необработанных семян.

Производственные испытания по эффективности применения исследуемого гуминового препарата на урожайность зерновых, зернобобовых, овощных и технических сельскохозяйственных культур на различных типах почв проведены в 2005 году в хозяйствах Алматинской, Северо-Казахстанской, Кызылординской и Южно-Казахстанской областей Казахстана. Результаты испытаний представлены в таблице 3.30.

Таблица 3.30 – Исходные данные закладки производственных опытов

Область	Хозяйство	Площадь	Почва	Культура
1	2	3	4	5
Северо-Казахстанская	ТОО «Баян-Агро»	2000	Черноземы обыкновенные	Пшеница
	ТОО «Азия-Тарангул»	300		Омская 19 Ячмень кедр
Алматинская	Крестьянское хозяйство «Оксана»	125	Лугово-сероземная	Соя дикабит
	АО «VITA»	700	Светло-каштановая	Со, эврика, миссула, дикабит
	ТОО «Акжар Пульсар»	400	Сероземы светлые	Пшеница безостая 1
	ТОО «Тамши-Булак»	500	Такыровидные	Рис пакли
	Опытное поле ТОО НПФ «Урожай»	0,23	Темно-каштановая	Томаты новичок, соя, эврика, миссула, дикабит, желтоксай
Кызылординская	ТОО «Абзал и К»	1000	Аллювиально-луговая	Рис Маржан
	ТОО «Достык и К»	500	Аллювиально-луговая	Рис Маржан
Южно-Казахстанская		500	Сероземы обыкновенные	Хлопчатник 4727
	АО «Кайнар»	30	Сероземы обыкновенные	Сафлор сафари

Как видно из данных, приведенных в таблице 3.28 география испытаний препарата довольно обширная и проверка эффективности агроприемов проведена в различных почвенно-климатических условиях на достаточно больших площадях республики.

### 3.4.3 Оптимизация технологических режимов применения препарата при возделывании пшеницы и сои

Засушливый климат, дефицит водных ресурсов и значительное участие засоленных почв в структуре почвенного покрова Казахстана являются серьезным препятствием для повышения продуктивности земельных угодий классическими методами. Это обуславливает необходимость разработки экологически чистых, водо- и ресурсосберегающих агроприемов воспроизводства плодородия засоленных почв без их предварительной промывки. Путем рационального применения физиологически активного гуминового препарата – адаптогена, получаемого из бурого угля по технологии, разработанной в ИГД им. Д.А. Кунаева.

Заложенные в 2005 году в хозяйствах Алматинской, Кызылординской и Северо-Казахстанской областях полевые, деляночные и производственные опыты по определению оптимальных параметров применения гуминового препарата и эффективности его воздействия на зерновые и зернобобовые с/х культуры показали следующие результаты:

1. На опытных полях крестьянских хозяйств «Оксана» и «Кузьменко» Енбекшиказахского района Алматинской области, применение агроприема предпосевной обработки семян 2%-ным водным раствором гуминового препарата без дополнительного орошения лугово-сероземных и светлокаштановых почв, обеспечило стабильное повышение урожайности озимой пшеницы Безостая 1 на 5,4-8,6 ц/га (24,2-36,4%), и увеличение количества сырой клейковины в зерне до 29,4%. В контрольном варианте содержание клейковины в зерне составило 25,4%.

2. На опытном поле ТОО «Акжар-Пульсар» Талгарского района Алматинской области, представленном сероземами светлыми легкосуглинистыми, наиболее перспективным оказался вариант с предпосевной обработкой семян 2%-ным водным раствором гуминового препарата и дополнительным опрыскиванием вегетирующих растений в период кущения хлебных злаков 0,04%-ным водным раствором этого препарата в смеси с мочевиной (8 кг/га) при норме расхода рабочей жидкости 300 л на 1 га (рисунок 3.9, 3.10).

Прибавка урожая зерна озимой пшеницы Безостая 1 от применения новых агроприемов составила 42,1% при урожайности на контроле 8,3 ц/га. При этом количество сырой клейковины в зерне увеличилось по сравнению с контролем на 4,6%.

Доказана высокая эффективность применения гуминового препарата при возделывании яровой пшеницы. Так, например, на черноземах обыкновенных среднесуглинистых ТОО «Баян-Агро» Жамбылского района Северо-Казахстанской области на площади 3500 га прибавка урожая зерна яровой пшеницы Омская 19 от предпосевной обработки



Рисунок 3.9 – Предпосевная обработка семян пшеницы гуминовым препаратом



Рисунок 3.10 – Опрыскивание вегетирующих растений гуминовым препаратом

семян гуминовым препаратом составила 35,2% (6,1 ц/га) при урожайности на контроле 17,3 ц/га (таблица 3.29).

Трехлетние исследования на опытном поле крестьянского хозяйства «Оксана» Енбекшиказахского района Алматинской области показали высокую эффективность применения агроприемов предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений рабочими растворами гуминового препарата при возделывании сои сортов Букурия и Дикабиг (таблица 3.30). На светло-каштановых орошаемых среднесуглинистых и лугово-сероземных орошаемых среднесуглинистых почвах этого хозяйства урожайность зерна сои от предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений 0,04%-ным раствором препарата повысилась на 4,1-8,8 ц/га, или на 20,4-35,0%. Наиболее эффективным оказался вариант при совмещенной обработке семян гуминовым препаратом и биопрепаратом (нитрагином или ризоторфином) с последующим опрыскиванием вегетирующих растений 0,04%-ным водным раствором исследуемого препарата в фазе 4-го тройчатого листа сои из расчета 400 л на 1 га. При этом отмечался наибольший стимулирующий эффект агроприемов в образовании клубеньков на корнях растений, фиксирующих в симбиозе с соей азот из воздуха.

Поскольку посевные площади сои за последние 5 лет увеличились с 4 до 50 тыс. га, а в ближайшие годы увеличатся до 500 тыс. га, мы посчитали необходимым заложить специальные деляночные опыты по изучению отзывчивости районированных и перспективных сортов сои на применение гуминового препарата в оптимальных технологических режимах.

Исследования, проведенные в 2005 году на опытном поле ТОО «Балтабай 2030» Енбекшиказахского района Алматинской области показали, что в сортовом аспекте наиболее отзывчивыми на агроприемы предпосевной обработки семян и опрыскивание вегетирующих растений гуминовым препаратом на светло-каштановых орошаемых тяжелоуглинистых почвах оказались районированные сорта сои Эврика и Миссула, а также перспективные сорта Дикабиг и Тажан (таблица 2.2.21). Для испытываемых сортов сои наиболее перспективным оказался вариант с совмещенной обработкой семян нитрагином и гуминовым препаратом с последующим опрыскиванием вегетирующих растений 0,04%-ным водным раствором этого препарата в период 1-го и 4-го тройчатого листа из расчета 350 л рабочего раствора на 1 га.

Установлено, что семена пшеницы, сои, и риса, подвергнутые предпосевной обработке семян гуминовым препаратом по специальным технологическим режимам имеют более высокую биоэнергетику и выгодно отличаются от контрольных (сухих необработанных семян) более ярким свечением на электрографических снимках, полученных по методу Кирлиан.



Рисунок 3.11- Фенологические наблюдения на опытном поле  
ТОО «Балтабай 2030»



Рисунок 3.12- Крестьянского хозяйства «Оксана»

Таблица 3.31 - Эффективность применения агроприема предпосевной обработки семян гуминовым препаратом на урожайность озимой и яровой пшеницы

Опытное поле, годы	Почва	Сорт	Агроприем	Площадь, га	Урожайность		Клейковина, %
					Ц/га	Прибавка к контролю, %	
1	2	3	4	5	6	7	8
Крестьянское хозяйство «Оксана» Ебешкизахского р-на Алматинской обл., 2003 г.	Лугово-сероземная средне-суглинистая	Безостая 1	Необработанные семена - контроль	121	23,6	100	25,4
Крестьянское хозяйство «Кузьменко» Ебешкизахского р-на Алматинской обл., 2004 г.	Светло-каштановая средне-суглинистая	Безостая 1	Обработка 2%-ным водным раствором гуминового препарата	107	32,2	136,4	29,4
ТОО «Акжар-Пульсар» Талгарского р-на Алматинской обл., 2005 г.	Среземы светлые легко-суглинистые	Безостая 1	Контроль	6	22,3	100	Не опред.
			Обработка 2%-ным водным раствором гуминового препарата	14	27,7	124,2	Не опред.
			Контроль	56	8,3	100	25,9
			Обработка 2%-ным водным раствором гуминового препарата + опрыскивание растений 0,04%-ным водным раствором гуминового препарата в смеси с мочевиной	400	11,8	142,1	30,5
ТОО «Баян-Агро» Жамбылского р-на Северо-Казахстанской обл., 2005 г.	Черноземы обыкновенные средне-суглинистые	Омская 19	Контроль	500	17,3	100	Не опред.
			Обработка семян 2%-ным водным раствором гуминового препарата	3500	23,4	135,2	Не опред.

Таблица 3.32 – Эффективность применения агроприемов предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений гуминовым препаратом

Годы	Почва	Сорт	Агроприем	Площадь, га	Урожайность		Кол-во клубеньков на корнях растений в слое 0-15 см, шт
					Ц/га	Прибавка к контролю, %	
1	2	3	4	5	6	7	8
2003	Светло-каштановая орошаемая средне-суглинистая	Букурия	N <sub>35</sub> P <sub>69</sub> – Фон + инокуляция семян ризоторфином - контроль	8,4	20,1	100	27,4
			Фон + обработка семян 0,04%-ным водным раствором гуминового препарата	10,9	24,2	120,4	41,8
			Фон + обработка семян 0,04%-ным водным раствором гуминового препарата + опрыскивание растений 0,04%-ным водным раствором гуминового препарата в фазе 4-го тройчатого листа (400 л на 1 га)	21,3	27,1	134,8	54,7
2004	Лугово-сероземная орошаемая средне-суглинистая	Дикабиг	N <sub>46</sub> P <sub>49</sub> – Фон + инокуляция семян нитрагином - контроль	17,5	24,6	100	Не опред.
			Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и 0,04%-ным водным раствором гуминового препарата	71,4	31,2	126,8	Не определу
			N <sub>24</sub> P <sub>92</sub> – Фон + сухие необработанные семена - контроль	3,7	25,1	100	Не опред.
2005	Лугово-сероземная орошаемая средне-суглинистая	Дикабиг	Фон + обработка семян 0,04%-ным водным раствором гуминового препарата	98,4	33,9	135,0	Не опред.

Таблица 3.33 – Отзывчивость сортов сои на агроприемы предпосевной обработки семян и опрыскивание вегетирующих растений гуминовым препаратом на светло-каштановых орошаемых тяжелосуглинистых почвах ТОО «Балтабай 2030» Енбекшиказахского района Алматинской области, 2005 г.

№ п/п	Вариант	Элементы продуктивности сортов сои							
		Боковых побегов, шт	Средняя высота стебля, см	Высота прироста нижнего боба, см	Среднее число зерен, шт на 1 растение	Средняя масса зерен, г на 1 растение	При-бавка к контролю I, %	Масса 1000 зерен, г	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Эврика									
1.	N <sub>24</sub> P <sub>61</sub> K <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена – контроль 1	2,7	84,7	7,2	273	42,31	100	151	
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином – контроль 2	2,9	100,7	7,7	307	49,73	117,5	159	
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	3,3	110,2	8,4	520	81,64	192,9	158	
Миссула									
1.	Фон + сухие необработанные семена – контроль 1	1,5	68,5	4,5	253	43,01	100	166	
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином – контроль 2	1,7	79,0	4,5	266	49,74	115,6	182	
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	2,7	103,2	5,7	535	97,9	227,6	180	

Дикобиг										
1.	Фон + сухие необработанные семена – контроль 1	3,2	82,2	4,6	377	65,97	100	171		
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином – контроль 2	3,4	93,2	5,0	432	97,20	147,3	217		
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	4,6	99,3	6,6	510	112,20	170,0	218		
Казахстанская 2309										
1.	Фон + сухие необработанные семена – контроль 1	3,0	90,4	7,0	364	57,15	100	154		
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином – контроль 2	3,3	92,6	7,5	398	74,42	130,2	181		
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	3,5	112,5	9,2	545	92,65	162,1	170		
Тажан										
1.	Фон + сухие необработанные семена – контроль 1	1,5	95,2	7,0	251	56,97	100	220		
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	2,5	112,5	8,5	413	118,12	207,3	275		
Жалпаксай										
1.	Фон + сухие необработанные семена – контроль 1	1,3	66,6	4,3	174	24,88	100	141		
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	2,3	75,5	6,0	242	40,89	164,3	163		

Опрыскивание вегетирующих растений рабочими растворами этого препарата дает дополнительный энергетический потенциал для их развития и формирования урожая. Поэтому новые агроприемы повышают эффективность применения зональной агротехники в условиях дефицита водных ресурсов и неблагоприятных почвенно-мелиоративных условий, т.к. создают оптимальный биоэнергетический потенциал растений в онтогенезе.

Это наглядно иллюстрируют результаты биофизического мониторинга, проведенного в 2005 году на опытном поле ТОО «Балтабай 2030» Енбекшиказахского района Алматинской области, представленные в таблице 3.32 и рисунках 3.14- 3.16.

Из таблицы видно, что третий вариант полевого деляночного опыта выгодно отличается от контрольного более высокими показателями энергоемкости растений сои в онтогенезе. Это подтверждает адаптогенные свойства гуминового препарата.

Максимальный стимулирующий эффект от применения препарата приходился на периоды от фазы бутонизации до цветения и от цветения до образования бобов, которые соответствуют критическому периоду сои в отношении элементов минерального питания (80% азота и фосфата, 50% калия) и водопотребления (не ниже 75%), когда идет усиленный рост вегетативной массы и формирование генеративных органов. Все это в итоге и определило более высокую урожайность бобов в опытном варианте по сравнению с контрольным.

Результаты проведенных исследований подтверждаются актами производственных испытаний (приложение).



Рисунок 3.13 – Опытная делянка сои с применением гуминового препарата



Рисунок 3.14 – Опытная делянка риса с применением гуминового препарата



Рисунок 3.15 – Опытная делянка озимой пшеницы Безостая- 1 с применением гуминовых препаратов

Таблица 3.34 – Биофизический мониторинг вегетирующих растений сои в онтогенезе

№ п/п	Вариант	Дата, фаза											
		23.06 3-й тройчатый лист		6.07 Бутонизация		15.07 Цветение		22.07 Цветение		11.08 Созревание			
		высота, см	энергоспособность, у.е.	высота, см	энергоспособность, у.е.	высота, см	энергоспособность, у.е.	высота, см	энергоспособность, у.е.	высота, см	энергоспособность, у.е.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<b>Сорт Эврика</b>													
1.	N <sub>12</sub> Р <sub>61</sub> К <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена (контроль 1)	17	25	27	43	45	57	58	64	84	58		
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином (контроль 2)	19	30	29	56	48	63	63	67	100	68		
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	24	47	31	61	54	73	70	77	110	74		
<b>Сорт Миссула</b>													
1.	N <sub>12</sub> Р <sub>61</sub> К <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена (контроль 1)	18	27	24	55	50	60	58	62	68	61		
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином (контроль 2)	20	32	27	58	54	65	60	67	79	68		
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	23	50	30	65	57	72	65	72	103	75		
<b>Сорт Дикабиг</b>													
1.	N <sub>12</sub> Р <sub>61</sub> К <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена (контроль 1)	16	24	18	45	38	47	47	65	82	60		

2.	Фон + инокуляция семян нитрагином (контроль 2)	19	31	23	56	50	52	56	68	93	69
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	24	51	26	65	56	70	63	75	99	71
Сорт Казахстанская 2309											
1.	N <sub>12</sub> P <sub>61</sub> K <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена (контроль 1)	20	32	25	55	47	59	60	65	90	64
2.	Фон + инокуляция семян нитрагином (контроль 2)	23	34	26	57	50	63	63	67	92	67
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	25	37	29	60	55	66	65	70	112	70
Сорт Тажан											
1.	N <sub>12</sub> P <sub>61</sub> K <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена (контроль 1)	16	31	23	57	47	68	55	71	95	67
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	23	38	31	62	56	72	62	76	112	73
Сорт Желпоксай											
1.	N <sub>12</sub> P <sub>61</sub> K <sub>15</sub> – Фон + сухие необработанные семена (контроль 1)	18	29	24	54	49	59	55	62	66	58
3.	Фон + совмещенная обработка семян нитрагином и гуминовым препаратом	23	48	31	65	56	70	66	70	75	67

### 3.4.4 Оптимизация технологических режимов применения препарата при возделывании риса

Испытания агроприема предпосевной обработки семян гуминовым препаратом позволили выявить его высокую эффективность на низкопродуктивных почвах рисовых плантаций Кызылординской и Алматинской областей Казахстана.

Так, например, на аллювиально-луговых орошаемых солончаковых среднесоленных, среднесуглинистых почвах опытных полей Приаральского НИИ агроэкологии и сельского хозяйства и ТОО «Алтын дэн ПВА1» Кызылординской области предпосевная обработка семян риса сорта Маржан 2,5% -ным водным раствором препарата повысила урожайность риса- шалы на 9,5-12,1 ц 1 га, или на 33,8 – 41% по сравнению с контролем (таблица 3.33).

На низкопродуктивных такыровидных почвах ТОО «Тамши-Булак» Балхашского района Алматинской области эффективность обработанных исследуемым препаратом семян риса сорта Пакли повысилась на участках с высоким засолением (таблица 3.35).

Таблица 3.35- Эффективность применения агроприема предпосевной обработки семян гуминовым препаратом на урожайность риса сорта Маржан

Опытное поле, годы	Агроприем	Площадь, га	Урожайность, га	Прибавка к контролю, %
Приаральский НИИ агроэкологии и сельского хозяйства	Неотработанные семена- контроль	0,5	29,5	100
	Обработка 2,5%-ным водным раствором гуминового препарата	1,0	41,6	141,0
ТОО «Алтын дэн ПВА1» Жалагашского района Кызылординской области	Контроль	43,5	28,1	100,0
	Обработка 2,5%-ным водным раствором гуминового препарата	121,6	37,6	133,8

Известно, что количественной мерой солеустойчивости является степень снижения урожая растений при засолении к их урожаю на незасоленном фоне. По этому показателю в контрольных вариантах слабое засоление снижало урожай зерна риса-шалы на 20,7%, сильное - на 45,85-58,70%, а в опытных вариантах соответственно – 13,92 и 24,66- 41,75%. Анализ полученных данных показывает, что более высокая биологическая солеустойчивость растений опытных вариантов по сравнению с

контрольным служит основным критерием, объясняющим высокую эффективность

Таблица 3.36 – Эффективность применения агроприема предпосевной обработки семян гуминовым препаратом на урожайность риса сорта Пакли в ТОО «Тамши-Булак» Балхашского района Алматинской области

Годы	Агроприем	Предшественник	Площадь, га	Урожайность зерна Риса-шалы	
				ц 1га	Прибавка к контролю, %
2004	Такыровидные незасаленные легкосуглинистые почвы				
	N <sub>12</sub> P <sub>46</sub> – фон + неотра- ботанные семена – контроль Фон + обработка 2,5%-ным раствором гумонового препарата	Люцерна 2-го года	12,1	39,7	100
		Люцерна 2-го года	54,5	50,3	126,7
	Такыровидные солонцевато-солончаковые слабозасоленные среднесуглинистые почвы				
	Фон + необработанные семена - контроль Фон + обработка 2,5%-ным раствором гумонового препарата	Люцерна 2-го года	3,7	31,5	100,0
		Люцерна 2-го года	27,3	43,3	137,5
	Такыровидные солонцевато-солончаковые сильнозасоленные легкосуглинистые почвы				
	N <sub>60</sub> - фон + необрабо- танные семена – контроль Фон + обработка 2,5%-ным раствором гумонового препарата	Рис 2-го года	17,4	16,40	100,0
		Рис 2-го года	67,2	29,3	178,6
2005	Такыровидные солонцевато-солончаковые сильнозасоленные легкосуглинистые почвы				
	N <sub>60</sub> - фон + необрабо- танные семена – контроль Фон + обработка 2,5%-ным раствором гумонового препарата	Донник	24,3	21,5	100,0
		Донник	67,8	37,9	176,2

Применения предпосевной обработки семян гуминовым препаратом на сильнозасоленных почвах, на которых прибавки урожая зерна риса составляли 76,2-78,6%. С понижением уровня засоления они закономерно

уменьшались и на слабозасоленных почвах составляли 37,5%, а на незасоленных – 26,7%.

Величина урожая определялась почвенно-мелиоративными особенностями исследуемых участков и местом риса в севообороте.

Наиболее высокая урожайность риса-шалы отмечалась по пласту люцерны и донника (37,9-50,3 ц 1 га). Прибавки урожая обусловлены улучшением элементов продуктивности риса – увеличением продуктивных побегов, озерненностью метелок и массой зерна, являющихся основными показателями агрономической солеустойчивости растений.

Результаты исследований, проведенных на территории Кызылординской области, подтверждаются актом производственных испытаний (приложение).

### **3.5 Экономическая эффективность применения гуминового препарата при возделывании сельскохозяйственных культур на низко-продуктивных почвах Казахстана**

Расчет экономической эффективности применения гуминового препарата проводится в соответствии с инструкцией Министерства сельского хозяйства Казахстана на примере данных 2003-2006 гг., полученных при опытном испытании агроприемов предпосевной обработки семян и вегетирующих растений водными растворами препарата по разработанной технологии на общей площади 3872,9 га в хозяйствах расположенных в степной, пустынной и предгорной пустынно-степной зонах Казахстана.

В расчетах использовали статистические данные хозяйств по урожайности, ценах фактической реализации и издержках производства при выращивании пшеницы, сои, риса и кукурузы по базовым и новым агротехнологиям с применением гуминового препарата (таблицы 2.2.25-2.2.30)

При оценке экономической эффективности за основу взяты показатели чистого дохода, полученные за счет прибавок урожая исследуемых культур от применения препарата (таблица 3.35).

Из таблицы видно, что чистый доход с 1 га за счет прибавок урожая зерна от применения гуминового препарата при выращивании яровой пшеницы составляет 6206, озимой пшеницы – 8198, сои-19454, риса – 63844, а кукурузы -18445 тенге в год.

Дополнительные затраты на применение препарата при выращивании исследуемых культур составляют 0,42-3,3% от полученной прибавки урожая.

Результаты исследований показывают, что гуминовый препарат является высокоэффективным биоэнергетическим адаптогеном, повышающим экологическую устойчивость культурных растений к

экстремальным факторам среды, что позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных растений в среднем на 20-65% без увеличения площади посевов с минимальной зависимостью от неблагоприятных почвенно-климатических условий.

Таблица 3.37- Экономическая эффективность применения гуминового препарата при выращивании яровой пшеницы Омская 19 в ТОО «Баян-Агро» Жамбылского района Северо-Казахстанской области

№ п.п.	Показатели	Ед. изм.	всего
1.	Расход препарата на 1 т семян	кг	0,4
2.	Посевная площадь	га	3500
3.	Норма расхода 2%-ного водного раствора препарата	л на 1 т	20
4.	Количество препарата для предпосевной обработки семян	кг	350
5.	Прибавка урожая зерна с 1 га	т	0,61
6.	Всего дополнительной продукции	т	2135
7.	Стоимость препарата с НДС 15%+ дополнительные затраты на его применение	тенге	924500
8.	Стоимость дополнительной продукции	тенге	29890000
9.	Балансовая прибыль	тенге	28965500
10.	Налог с прибыли + НДС (15%+10%)	тенге	7241375
11.	Чистая прибыль	тенге	21724125
12.	Прибыль с 1 га	тенге	6206
13.	Дополнительные затраты от стоимости дополнительной продукции	%	3,1

Таблица 3.38- Экономическая эффективность применения гуминового препарата при выращивании озимой пшеницы Безостая 1 в крестьянском хозяйстве «Оксана»Енбекшиказахского Аматынской области

№ п.п.	Показатели	Ед. изм.	всего
1.	Расход препарата на 1 т семян	кг	0,4
2.	Посевная площадь	га	107
3.	Норма расхода 2%-ного водного раствора препарата	л на 1 т	20
4.	Количество препарата для предпосевной обработки семян	кг	10,7
5.	Прибавка урожая зерна с 1 га	т	0,86
6.	Всего дополнительной продукции	т	92,02
7.	Стоимость препарата с НДС 15%+ дополнительные затраты на его применение	тенге	1196260
8.	Стоимость дополнительной продукции	тенге	26579
9.	Балансовая прибыль	тенге	1169681
10.	Налог с прибыли + НДС (15%+10%)	тенге	292420
11.	Чистая прибыль	тенге	877261
12.	Прибыль с 1 га	тенге	8198
13.	Дополнительные затраты от стоимости дополнительной продукции	%	2,2

Таблица 3.39- Экономическая эффективность применения гуминового препарата при выращивании сельскохозяйственных культур в степной, пустынной и предгорной пустынно-степной зонах Казахстана

№ п.п.	Хозяйство	Почва	Культура, сорт	Посевная площадь, га	Прибавка урожая с 1 га, т	Прибыль, тенге		Дополнительные затраты от стоимости дополнительной продукции, %
						Всего	с 1 га	
1.	ТОО «Баян-Агро» Жамбылского района Северо-Казахстанской области, 2005 г.	Чернозем обыкновенный среднесуглинистый	Пшеница яровая Омская 19	3500	0,61	21724125	6206	3,1
2.	Крестьянское хозяйство «Оксана» Енбекши-казахского района Алматинской области, 2003 г.	Лугово-сероземная орошаемая среднесуглинистая	Пшеница озимая Безостая 1	107	0,86	877261	8198	2,2
3.	Крестьянское хозяйство «Оксана» Енбекши-казахского района Алматинской области, 2003 г.	Лугово-сероземная орошаемая среднесуглинистая	Соя Букурия	21,3	0,70	414378	19454	2,48
4.	ТОО «Алтындэн ПВА I» Жалагашского района Кызылординской области, 2005 г.	Аллювиально-луговая орошаемая среднесоленная среднесуглинист	Рис Маржан	121,6	0,95	7763462	63844	0,42
5.	ТОО «Агро-Меркур» Енбекшиказахского района Алматинской области, 2006 г.	Светло-каштановая орошаемая среднесуглинистая	Кукуруза ЗПСК	123	2,12	2268746	18445	3,3

Таблица 3.40 – Экономическая эффективность применения гуминового препарата при выращивании сои сорта Букурия в крестьянском хозяйстве «Оксана» Енбекшиказахского района Алматинской области

№ п.п.	Показатели	Ед. изм.	всего
1.	Расход препарата на 1 га	кг	0,16
2.	Посевная площадь	га	21,3
3.	Количество препарата для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений	кг	3,4
4.	Прибавка урожая зерна с 1га	т	0,7
5.	Всего дополнительной продукции	т	14,91
6.	Стоимость дополнительной продукции	тенге	566580
7.	Стоимость препарата с НДС 15%+ дополнительные затраты на его применение	тенге	14076
8.	Балансовая прибыль	тенге	552504
9.	Налог с прибыли + НДС (15%+10%)	тенге	138126
10.	Чистая прибыль	тенге	414378
11.	Прибыль с 1 га	тенге	19454
12.	Дополнительные затраты от стоимости дополнительной продукции	%	2,48

Таблица 3.41- Экономическая эффективность применения гуминового препарата при выращивании кукурузы ЗПСК 704 на зерно в ТОО «Агро-Меркур»Енбекшиказахского района Алматинской области

№ п.п.	Показатели	Ед. изм.	всего
1.	Расход препарата на 1 га	кг	0,21
2.	Посевная площадь	га	123
3.	Количество препарата для предпосевной обработки семян и опрыскивание вегетирующих растений	кг	25,8
4.	Прибавка урожая зерна с 1 га	т	2,12
5.	Всего дополнительной продукции	т	260,7
6.	Стоимость дополнительной продукции	тенге	3128400
7.	Стоимость препарата с НДС 15%+ дополнительные затраты на его применение	тенге	103406
8.	Балансовая прибыль	тенге	3024994
9.	Налог с прибыли + НДС (25%)	тенге	756248
10.	Чистая прибыль	тенге	2268746
11.	Прибыль с 1 га	тенге	18445
12.	Дополнительные затраты от стоимости дополнительной продукции	%	3,3

Таблица 3.42-Экономическая эффективность применения гуминового препарата при выращивании риса сорта Маржан в ТОО «Алтындэн ПВА 1» Жалагашского района Кызылординской области

№ п.п.	Показатели	Ед. изм.	всего
1.	Расход препарата на 1 т семян	кг	0,5
2.	Посевная площадь	га	121,6
3.	Норма расхода 25%-ного водного раствора препарата	л на 1 т	20
4.	Количество препарата для предпосевной обработки семян и опрыскивание вегетирующих растений	кг	
5.	Прибавка урожая зерна с 1 га	т	0,95
6.	Всего дополнительной продукции	т	115,5
7.	Стоимость дополнительной продукции	тенге	10395000
8.	Стоимость препарата с НДС 15%+ дополнительные затраты на его применение	тенге	43718
9.	Балансовая прибыль	тенге	10351282
10.	Налог с прибыли + НДС (25%)	тенге	2587820
11.	Чистая прибыль	тенге	7763462
12.	Прибыль с 1 га	тенге	63844
13.	Дополнительные затраты от стоимости дополнительной продукции	%	0,42

При проведении исследований по разработке технологии получения гуминового препарата из бурого угля установлены оптимальные технологические параметры.

Проведен монтаж оборудования и собрана опытная технологическая линия по производству гумата натрия, на которой была наработана представительная партия исследуемого препарата в количестве 550 кг в период 2004-2006гг. Полученный препарат проанализирован на химический состав, испытан на токсичность и наличие природных радионуклидов в Испытательном центре Республиканской санитарно-эпидемиологической станции. Установлено, что препарат не токсичен, а содержание природных радионуклидов ниже допустимых уровней. Алматинским филиалом ОАО НаЦЭКС (государственная система сертификации Республики Казахстан) на опытную партию препарата выдан сертификат соответствия КСС №0049776 (прилагается).

Определена эффективность гуминового препарата при лабораторных и производственных испытаниях в хозяйствах Алматинской, Кызылор-

динской, Карагандинской и Акмолинской областей на различных типах почв. Физиологическая активность препарата для испытываемых сельскохозяйственных культур на низкопродуктивных почвах определялась показателями энергоемкости рабочих растворов применяемых для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений в онтогенезе. Разработанный агроприем предпосевной обработки семян раствором препарата без дополнительного орошения лугово-сероземных и светло каштановых почв обеспечил стабильное повышение урожайности озимой пшеницы на 24,2-36,4% и увеличение количества сырой клейковины в зерне до 29,4%. В контрольном варианте содержание клейковины в зерне составляло 25,4%. Высокая эффективность применения агроприемов предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений исследуемыми рабочими растворами препарата отмечалась при возделывании сои на светло каштановых среднесуглинистых и лугово-сероземных орошаемых среднесуглинистых почвах. Урожайность зерна сои от предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений водным раствором гуминового препарата повысилась на 34,8% [119-120].

Испытания агроприема предпосевной обработки семян гуминовым препаратом позволили выявить его высокую эффективность на низкопродуктивных почвах рисовых плантаций Кызылординской и Алматинской областей, представленных аллювиально-луговыми орошаемыми солончаковыми среднесоленными среднесуглинистыми почвами. Предпосевная обработка семян риса водным раствором препарата позволила повысить урожайность риса на 41%. На низкопродуктивных такыровидных почвах Алматинской области эффективность обработанных исследуемым препаратом семян риса повысилась на незасоленных почвах на 26,7%, на слабозасоленных -37,5%, а на сильнозасоленных – 78,6%. Установлено, что на бурых орошаемых солончаковых, среднесуглинистых почвах Жездинского массива орошения прибавка урожайности зеленой массы кукурузы, а также сорго и суданской травы от предпосевной обработки семян гуминовым препаратом составила 22,4%-25,3%, а зерна на 30,7% по сравнению с контролем, где применялись необработанные семена.

Таким образом, применение гуминового препарата на низкопродуктивных почвах в предгорной пустынно-степной и пустынной зонах Казахстана обеспечивает стабильное повышение урожайности и качества целевой продукции зерновых, зернобобовых на 20-70% по сравнению с контролем. Физиологическое действие препарата наиболее эффективно проявилось при неблагоприятных воздействиях экстремальных факторов непосредственно на растениях или на среду их обитания, что подтверждает

его адаптогенные свойства. Препарат повышает биоэнергетику семян и растений в онтогенезе и изменяет качество взаимодействия сельскохозяйственных культур с окружающей средой. Физиологическая активность и адаптогенные свойства препарата зависят от почвенно-мелиоративных условий сортовых и биологических особенностей культур [121-123].

Проведен экономический расчет производства гуминового препарата на разработанной технологии.

Себестоимость 1 кг препарата составляет 1600 тенге.

Экономический эффект от применения препарата при возделывании различных сельскохозяйственных культур составляет от 6206 тенге до 63844 тенге с 1 га в зависимости от почвенно-климатических условий и особенности сельскохозкультуры. Составлен технологический регламент для разработки рабочего проекта «Технология получения биологически активных препаратов из бурого угля».

Параллельно были проведены исследования и разработана технология получения гуминового препарата, который может быть использован в качестве лечебно-профилактической кормовой добавки при откорме сельскохозяйственных животных и птицы. В результате исследований было наработано 500 кг препарата, который был исследован в химической лаборатории КазНУ им. Аль-Фараби.

В апреле 2003 года исполнители участвовали в семинаре, организованном Приаральским научно-исследовательским институтом агроэкологии и сельского хозяйства по проблеме освоения и эксплуатации засоленных почв Кызылординской области. На основании результатов опытного испытания агроприема предпосевной обработки семян гуматом натрия в 2003 г. руководством Приаральского НИИ агроэкологии и сельского хозяйства принято решение о широком внедрении новой разработки в 2004 г. в хозяйствах Кызылординской области особенно на засоленных землях.

## ВЫВОДЫ

Многочисленными лабораторными, полевыми и производственными экспериментами, проведенными в разных странах мира, показана высокая агрономическая активность природно-окисленных углей и особенно углегуминовых препаратов, полученных на основе окисленных бурых углей, с выделением из них гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты составляют значительную, а иногда и преобладающую часть бурых, окисленных бурых и каменных углей. Характерной особенностью гуминовых кислот является их физиологическая активность. Установлено, что гуминовые кислоты, обладающие значительной энергоемкостью способствуют влагоемкости почв, их комковатости, буферности, улучшению поступления минеральных веществ в растения, концентрации углекислоты вокруг корней.

Из многочисленных угольных месторождений выбрали месторождения с наиболее высоким содержанием гумусово составляющих бурых сортов углей. Это Кияктинское и Ой-Карагайское месторождений бурых углей с большим содержанием гуминовых кислот (соответственно -67,8 и 30 %). В этих углях имеются гумус, который используется в качестве микроудобрений и для производства биологически активных препаратов-адаптогенов, стимулирующих рост растений. Биологический метод защиты поверхности от эрозии и обеспыливания предусматривает посадку (посев) культурных или дикорастущих растений на поверхностном слое укрепляемого субстрата.

Разработан новый способ получения препарата стимулятора роста растений из бурого угля для использования в технологии снижения пыления с поверхности отходов горных предприятий. Предметом исследования являются процессы по обеспыливанию отходов с поверхности хвостохранилища, происходящие на Жездинской обогатительной фабрике посредством высева семян дикорастущих растений.

Изучение, разработка и испытания агромелиоративных приемов предпосевной обработки семян дикорастущих растений проводились путем постановки лабораторных, полевых и производственных опытов.

Осуществлен подбор сортов дикорастущих растений непосредственно в местах расположения хвостохранилища Жездинской обогатительной фабрики. Определено время залежки и сушки семенного материала дикорастущих растений перед посевом. На стадии онтогенеза растений определены оптимальные режимы опрыскивания растений раствором препарата. Разработана методика обработки растений, выращенных на субстрате хвостохранилища в вегетационном периоде раствором препарата-адаптогена и определена эффективная концентрация его водного раствора.

Проведена оптимизация технологических параметров и агроприемов на основе данных, полученных при исследовании водных растворов гуминовых препаратов, контроль и корректировка основных технологических параметров.

Также определены разновидности галофитных диких растений, произрастающих вокруг хвостохранилища Жездинской обогатительной фабрики и выбрана разновидность кустарника алаботы, который дает бурный рост на поверхности пылящего субстрата. При скорости ветра 2-10 м/с количество выделяемой пыли с поверхности хвостохранилища уменьшилось на 85%.

С применением препаратов-адаптогенов открывается новые возможности инновационной технологии в сфере развития горнометаллургического и агропромышленного комплекса.

## ГЛАВА IV. ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

### 4.1 Изучение химического состава и физико-технических свойств золошлаков ТЭЦ АО «ССГПО»

Для изучения качественных параметров, характеризующих золошлаки, были взяты пробы с пляжной части золоотвала ТЭЦ АО «ССГПО». Для отобранных проб золошлаков в сертифицированной лаборатории были проведены анализы, согласно методикам [124-127], которые позволили определить химический состав и физико-технические характеристики золошлаковых отходов. Химический состав золошлаков представлен следующими оксидами, %:  $\text{SiO}_2$ -61,3;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -24,5;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -3,3;  $\text{FeO}$ -1,0;  $\text{TiO}_2$ -1,37;  $\text{CaO}$ -1,8;  $\text{MgO}$ -0,2;  $\text{SO}_3$ -0,5;  $\text{K}_2\text{O}$ -0,2;  $\text{Na}_2\text{O}$ -0,5; п.п.п-5,33. Золошлаковые отходы в основном состоят из кислых оксидов ( $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). По химическому составу они – кислые  $M_0 < 1$  ( $M_0 = \text{CaO} + \text{MgO} / \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ), поэтому не обладают гидравлическими свойствами. По содержанию основных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ ) золошлаки из старого и действующего золоотвалов отличаются незначительно.

Были определены следующие физические характеристики золошлаков: истинная плотность - 2,95 г/см<sup>3</sup>; насыпная плотность - 795 кг/м<sup>3</sup> и удельная поверхность - 300 м<sup>2</sup>/кг.

Гранулометрический состав золошлаков лежит в пределах от 0,001 мм до 0,30 мм, причем фракция – 0,05...0,1 мм составляет более 55%.

Для определения физико-технических параметров (прочность при сжатии и морозостойкость) на основе золы изготовлены образцы золоблоков размером 10 x 10 x 10 см, твердевшие в нормальных условиях в течение 28 суток. Анализ результатов испытаний образцов показал, что при содержании золошлаков до 15 % прочность образцов возрастает от 17 МПа (эталон) до 18,3 МПа (Таблица 4.1). Морозостойкость образцов без и с 15 % золы идентична. Следует также отметить, что с увеличением содержания золошлаков в составе смеси водопотребность ее возрастает.

Морозостойкость образцов определяли ускоренным способом согласно ГОСТ 10060-2012. Морозостойкости подвергались образцы без добавления (эталон) и образцы с 15 % золошлаков.

Таблица 4.1 - Влияние содержания золошлаков на прочность и морозостойкость образцов

Содержание, %	Прочность на сжатие, МПа	Коэффициент морозостойкости
0	17,0	1,0
5	18,0	
10	18,5	
15	18,3	1,0
20	16,8	

Анализ результатов испытаний образцов показал, что при содержании золошлаков до 15 % прочность образцов возрастает от 17 МПа (эталон) до 18,3 МПа. Морозостойкость образцов без и с 15 % золы идентична. Следует также отметить, что с увеличением содержания золошлаков в составе смеси водопотребность ее возрастает.

Известно, что химико-минералогическая характеристика и физические свойства золошлаков, как правило, зависят от свойств самого угля, а также технологических факторов сжигания угля в топках ТЭЦ и способа удаления золы.

На гидравлическую активность золошлаков в первую очередь влияют их дисперсность, формы частиц и фазовый состав.

Дисперсность (или удельная поверхность) исследованной пробы 300 м<sup>2</sup>/кг. Она может быть выше, достигая 350...400 м<sup>2</sup>/кг. Дисперсность, как правило, зависит от:

- конструкции топок котлоагрегатов;
- системы пылеподавления и способа подачи угольной пыли в топку для сжигания;
- типа мельниц, их эксплуатационного состояния и степени износа;
- системы устройства канала гидроудаления или сухого отбора;
- конструкции золоулавливающих устройств и их состояния.

Формы частиц золы, как показывает исследование под микроскопом, бывают:

щепковидные с равными краями (отношение длины частиц к ширине больше трех);

совершенно неокатанные частицы с выступающими гранями большой высоты;

неокатанные частицы с острыми ребрами;

неокатанные частицы со сглаженными ребрами;

окатанные частицы со сглаженными ребрами;

хорошо окатанные частицы;

идеально окатанные частицы с равномерной поверхностью;

шары.

Фазовый состав в целом включает аморфные глинистые агрегаты, стекловидную и кристаллическую фазы, а также несгоревший уголь.

Аморфные глинистые агрегаты, возникают при воздействии высоких температур. Среди них наиболее ценен – метакаолинит ( $Al_2SiO_5$ ), обладающий повышенной удельной поверхностью и гидравлической активностью. Кроме того, в них могут присутствовать спекшееся глинистое вещество с аморфизованной структурой и гидравлической активностью, а также спекшееся грубодисперсное глинистое вещество с остеклованной поверхностью.

Стеклофаза формируется в результате резкого охлаждения (водой или воздухом) израсплавленной части золы (рисунок 4.1)

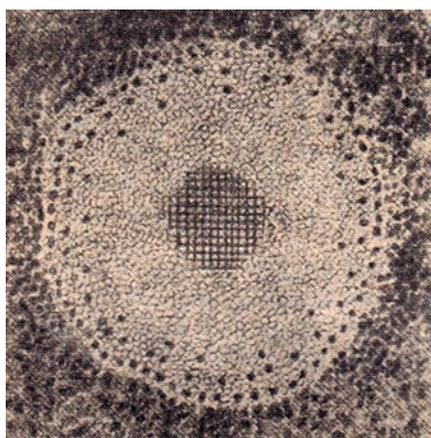


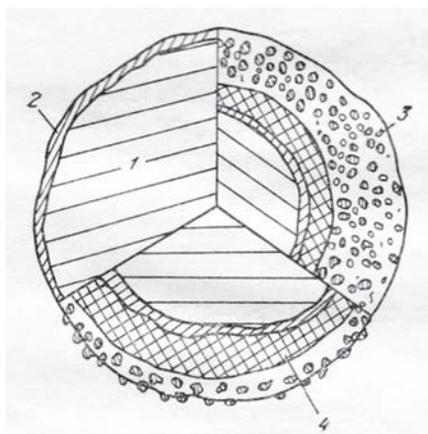
Рисунок 4.1 – Стекловидная фаза золошлаков

Стеклофаза состоит из аморфита – скопления ассоциированных частиц одного типа (светлые) в среде структурных единиц другого типа (темные) и кристаллита, расположенного в центре [128]. Следует отметить, что составляющие стеклофазы обладают различной гидравлической активностью.

Кристаллическая фаза состоит из кварца и муллита ( $2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ), необладающих гидравлическими свойствами.

Несгоревший уголь является самой вредной частью золы, не дающей полноценно использовать этот материал в народном хозяйстве, в частности в строительстве. В зависимости от вида углей и условий их сжигания в золах может содержаться 0,5–20 % и более несгоревших органических частиц топлива. Они считаются вредными примесями, ухудшающими важнейшие технические свойства бетонов с золой.

На рисунке 4.2 показан в виде схемы процесс гидратации шлакозольных стекол [129].



1 – неизменное стекло; 2 – зона гидратации стекла; 3 – зона выщелачивания глинозема; 4 – зона кристаллизации гидрогранатов и гидросиликатов кальция переменного состава

Рисунок 4.2 - Схема гидратации шлакозольного стекла

На основе этой схемы можно проследить механизм и кинетику гидратации золы при применении ее в качестве минеральной и гидравлической добавки для бетонной и силикатной смеси.

Использование золошлаков в бетонных смесях и для получения бетона ограничивается рядом требований к их химическому составу. Так, верхний предел содержания  $SO_3$  ( $< 3\%$ ) в золошлаках ограничен требованиями сульфатостойкости. Для равномерного изменения объема при твердении вяжущего содержание свободного  $CaO$  должно быть не более  $2-5\%$ , а  $MgO$  -  $5\%$ . Содержание  $K_2O + Na_2O$  должно быть меньше  $1,5-3\%$  для исключения возможных деформаций при их реакции с заполнителями. Также ограничен нижний предел содержания  $SiO_2$  -  $40\%$ , либо  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$  - ( $50-70\%$ ), которые в значительной степени определяют активность золошлаков.

Для определения качественного состава золошлаков ТЭЦ АО ССГПО, также были проведены рентгенофазовый, инфракрасный спектральный и термогравиметрический анализы.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3Мс медным антикатодом и с программным обеспечением. Рентгенограммы получены в интервале углов  $4...64$  градуса.

Подготовка золошлаков к анализу осуществлялась следующим образом (последовательно):

исследуемое вещество растиралось в агатовой ступке до полного прохождения его через сито 004.

затем порошок насыпали в плексигласовую кювету, предварительно смазанную вазелином и чуть подпрессовали.

для устранения текстуры излишки порошка срезали лезвием.

Также для золошлаков ТЭЦ АО «ССГПО», были проведены рентгенофазовый, инфракрасный спектральный и термогравиметрический анализы. Результаты рентгенофазового анализа показаны на рисунке 4.3.

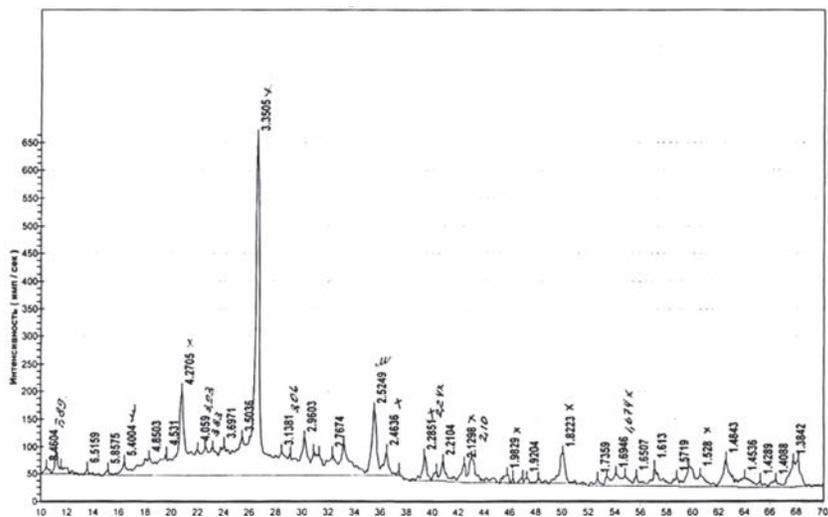


Рисунок 4.3 - Рентгенограмма первой пробы золошлаков

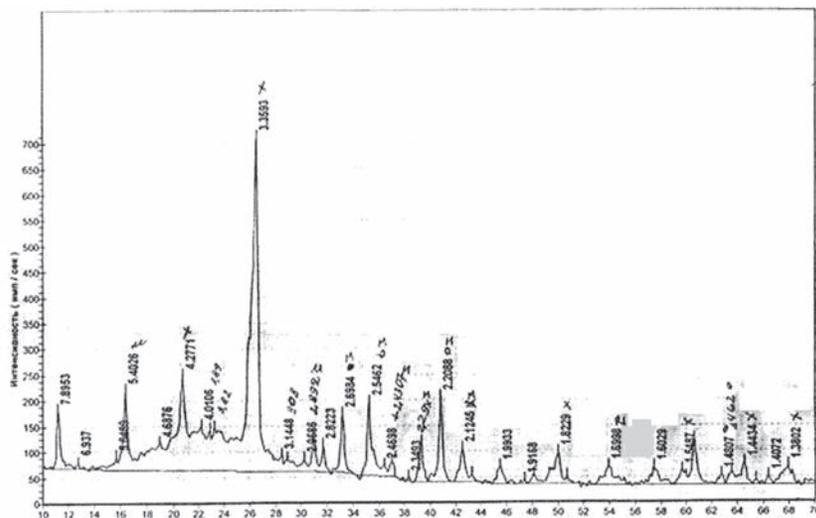


Рисунок 4.4 - Рентгенограмма второй пробы золошлаков

Анализируя данные рентгенограммы золошлаков, можно сказать, что на появляются:

- линии, характерные для кварца с  $d/n$  (Å) = (3,3505); (4,2705); (1,8223) и др.; среди них наибольшей интенсивностью обладает линия (плоскость 10 I 1) с  $d/n = 3,35\dots$ , являющаяся аналитической; причем она смещена в сторону больших чисел по сравнению с аналитической линией эталонного кварца ( $d/n = 3,34$  Å), что свидетельствует о присутствии в структуре кварца примесных элементов;

- линии с  $d/n = 5,40$ ;  $2,54$ Å и др. принадлежат муллиту ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), который образовался в результате разложения каолинита ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) при температуре выше  $900^\circ C$ .

Следует отметить, что:

- стеклофаза и несгоревший углерод из-за аморфности на рентгенограммах не фиксируются;

- однако зола состоит преимущественно из стеклофазы, поскольку на рентгенограмме между областями линий с  $d/n = 5,40$  Å и  $d/n = 2,69$  Å фиксируется гало;

- обе золы идентичны, не отличаются друг от друга, поэтому в дальнейшем исследование проводили только с золошлаками первой пробы..

Дифференциальный термогравиметрический анализ выполняли с помощью дериватографа Q 1500 D. Съемку термограмм проводили до  $1000^\circ C$  со скоростью нагрева  $10^\circ C$  в минуту.

Подготовка золошлаков осуществлялась следующим образом:

испытуемое вещество тщательно растирали в агатовой ступке до состояния пудры;

навеску исследуемого вещества массой 1200 мг засыпали в тигель.

На рисунке 4.5 показана дериватограмма золошлаков ТЭЦ АО ССГПО, где фиксируется три вида термоэффекта:

- эндоэффект при  $485^\circ C$  и экзоэффект при  $595^\circ C$  показывают обратимое полиморфное превращение кварца;

- экзоэффект при  $778^\circ C$  - раскристаллизация муллита.

Следовательно, эти эффекты дериватограммы свидетельствуют о наличии кварца и муллита в составе золошлаков.

По динамике изменения термогравиметрической кривой можно сделать вывод о том, что потеря массы за счет несгоревшего угля достигает около  $5\dots 7\%$ .



Рисунок 4.5 – Дериватограмма золошлаков ТЭЦ

Инфракрасный спектральный анализ золошлаковых отходов проводили на спектрофотометре «SpekordM-800» в области частот 4000-200 см<sup>-1</sup>. Исследуемую пробу прессовали с бромидом калия под давлением 100 МПа с эвакуацией воздуха.

Спектрограмма золошлаков ТЭЦ АО ССГПО (г. Рудный) приведена на рисунке 4.6, из которого видно, что:

- слабые полосы поглощения в областях 3600-3400 см<sup>-1</sup>;
- сильные полосы поглощения в областях 1200-900 см<sup>-1</sup>;
- средние полосы поглощения в областях 750-600 см<sup>-1</sup>;
- сильные полосы поглощения в областях 520-470 см<sup>-1</sup>.

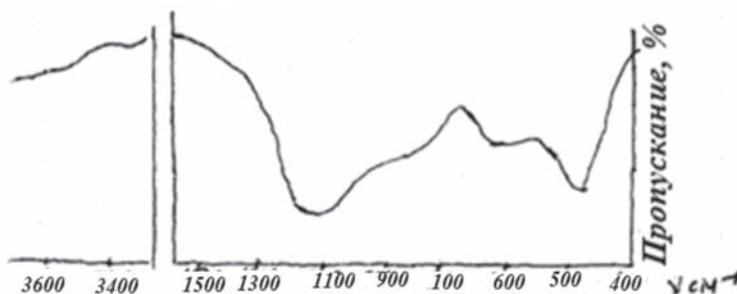


Рисунок 4.6 - ИКС золошлаков ТЭЦ

На рисунке 4.6 выделяются следующие характерные полосы: слабые полосы поглощения в областях  $3600-3400\text{ см}^{-1}$ ; сильные полосы поглощения в областях  $1200-900\text{ см}^{-1}$ ; средние полосы поглощения в областях  $750-600\text{ см}^{-1}$ ; сильные полосы поглощения в областях  $520-470\text{ см}^{-1}$ . Наличие этих спектров поглощения обусловлено присутствием в составе золошлаковых отходов кварца и стекловидных масс. Надо полагать, что полосы поглощения в областях  $700-600\text{ см}^{-1}$  относятся к кремнекислородным радикалам, а полосы поглощения в областях  $520-470\text{ см}^{-1}$  к алюмосиликатным фазам.

Таким образом, для золошлаков ТЭЦ «АО ССГПО» был определен фазовый состав в %: кварц – 23, муллит – 5, стекло – 66 и уголь – 6.

На основе анализа качественно-количественных параметров накопленных золошлаков Рудненской ТЭЦ, определены возможные направления их использования для получения строительных материалов: в качестве компонентов для основания дорог; для производства обжигового кирпича; в виде добавки при производстве железобетонных изделий и в качестве гидравлической добавки для бетонных смесей.

#### 4.2 Обоснование составов и подбор компонентов смесей для получения строительных материалов

На предыдущем этапе исследований было установлено, что одним из перспективных направлений утилизации золошлаков ТЭЦ является их использование для создания оснований для автомобильных дорог. Золошлаки ТЭЦ АО ССГПО могут использоваться в смесях для формирования слоев оснований автомобильных дорог, в качестве цемента-золошлаковых и битумозолошлаковых вяжущих. Дорожные одежды представляют собой многослойную конструкцию, состоящую из подстилающего слоя, нижнего и верхнего слоев основания и двух или однослойного покрытия [130-131]. Конструкция дорожного полотна, рекомендуемая при применении в составе оснований золошлаковых отходов (ЗШО), показана на рисунке 4.7.

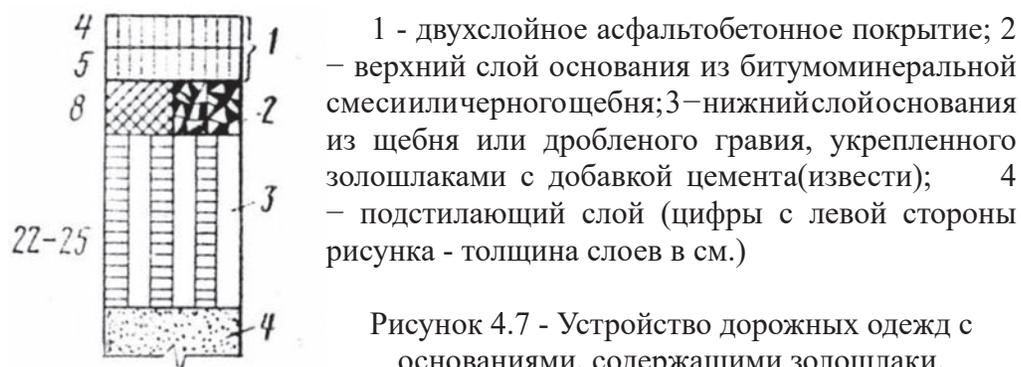


Рисунок 4.7 - Устройство дорожных одежд с основаниями, содержащими золошлаки.

Основание дорожной одежды – часть ее конструкции, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте).

Строительство дорог с основанием на основе золошлаков имеет следующие преимущества:

- полностью утилизируются золошлаковые отходы, что позволяет решить экологические проблемы окружающей среды;
- использование ЗШО способствует снижению себестоимости дорожных одежд;
- получают дорожные основания со значительной прочностью, плотностью и долговечностью.

Золошлаки в составе оснований дорожных одежд можно использовать в качестве:

- самостоятельного медленно твердеющего вяжущего;
- в составе цементозолошлаковых вяжущих;
- в составе битумозолошлаковых вяжущих.

При применении золошлаков в качестве самостоятельного медленно твердеющего вяжущего (по сути – наполнителя) для повышения активности, в его состав вводят цемент (4-5%) или известь (6-8%). Испытания образцов размером 10x10x10 см., приготовленных из щебеночно-гравийно-песчанной смеси (по ГОСТ 25607-2009), золошлака и воды при их соотношениях 70:20:10 (смесь:золошлак:вода) и твердевших в течение 28 сут в нормальных условиях, позволили получить следующие физико-механические показатели:

- предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут. достигает - 2,0...3,0 МПа;
- предел прочности при сжатии после испытания на морозостойкость - 1,5...2,5 МПа;
- коэффициент морозостойкости в возрасте 90 сут. - 0,80.

Физико-механические показатели образцов на основе самостоятельного золошлакового вяжущего вполне удовлетворяют требованиям нормативных документов.

При этом можно говорить о том, что основание на медленно твердеющем самостоятельном золошлаковом вяжущем с низкими физико-механическими показателями будет иметь пониженную трещиностойкость, морозостойкость и долговечность, обусловленную усадочностью оснований при твердении, значительными температурными напряжениями во время суточных и сезонных перепадов температуры и малым количеством активизирующего компонента золошлакового вяжущего – цемента.

К тому же современные требования на конструкцию дорожных одежд в целом, включая конструкцию их оснований, существенно повысились

(из-за резкого изменения климата). Поэтому, возникает необходимость повышения физико-механических свойств путем использования цементозолошлакового вяжущего с повышенной активностью и битумозолошлакового вяжущего.

В цементозолошлаковых вяжущих цемент играет доминирующую роль, а золошлак используется как добавка, при этом его содержание в смеси изменяется от 20 до 50%.

Активность цементозолошлаковых вяжущих на основе цемента марки ПЦ 500 ДОН определялась согласно ГОСТ 310.4-81.

Установлено, что активность цементозолошлаковых вяжущих в зависимости от содержания золошлака составила, МПа (рисунок 4.8):

- вяжущее с 20% золошлака – 37
- вяжущее с 30% золошлака – 35
- вяжущее с 40% золошлака – 30
- вяжущее с 50% золошлака – 25

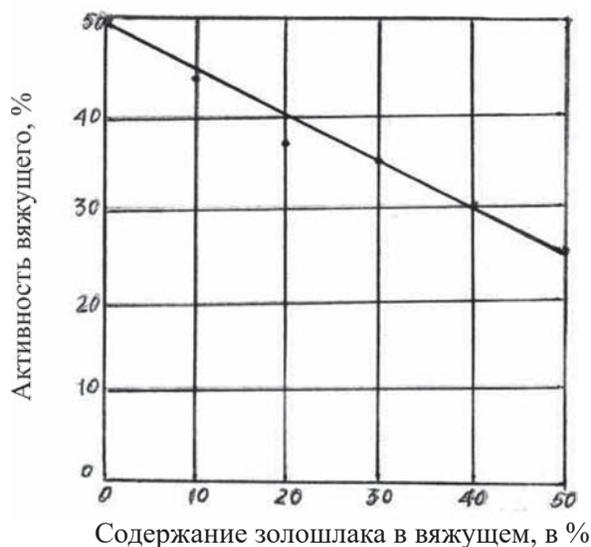


Рисунок 4.8 – Изменение активности цементозолошлаковых вяжущих в зависимости от содержания золошлака

Из аппроксимированной кривой на рисунке 4.8 видно, что с повышением содержания цемента активность золошлакового вяжущего возрастает, и – наоборот, увеличение золошлака приводит к снижению активности вяжущих.

Как известно [132-137], прочность оснований дорожных одежд может быть различной в зависимости от категорий автомобильных дорог.

Например, для дорог с интенсивностью движения более 14000 авт/сут (I – категория) предъявляются повышенные технические требования к физико-механическим свойствам оснований, чем для дорог с интенсивностью движения 1000...100 авт/сут (IV – категория).

Очевидно, что прочность оснований, при прочих равных условиях, безусловно зависит от соотношения между щебеночно-гравийно-песчанной смеси – далее ЩГПС (или заменяющие ее другим материалом, например – грунтами) и цементозолошлакового вяжущего – далее ЦЗШВ (или заменяющие его другими минеральными и органическими вяжущими).

В цементозолошлаковых вяжущих цемент играет доминирующую роль, а золошлак используется как добавка, при этом его содержание в смеси изменяется от 20 до 50%.

Установлено, что активность цементозолошлаковых вяжущих в зависимости от содержания золошлака составила, МПа: вяжущее с 20% золошлака – 37; вяжущее с 30% золошлака – 35; вяжущее с 40% золошлака – 30 и вяжущее с 50% золошлака – 25. Откуда следует, что с повышением содержания цемента активность золошлакового вяжущего возрастает, и – наоборот, увеличение золошлака приводит к снижению активности вяжущих.

Зависимость прочности от соотношений между ЩГПС:ЦЗШВ (по массе) показана на рисунке 4.9. Подвижность бетонной смеси независимо от соотношения твердых материалов была постоянной – и составляла 2...3 см. Приготовленные бетонные образцы размером 10x10x10 см в течение 28 сут твердели в нормальных условиях с влажностью свыше 95%.

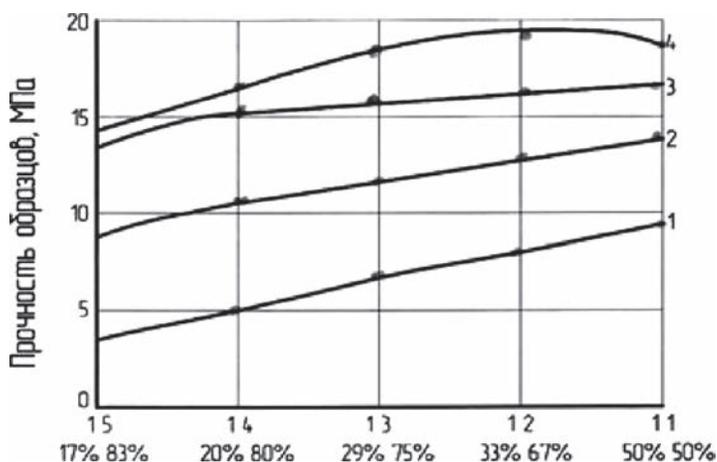


Рисунок 4.9 – Изменение прочности образцов в зависимости от соотношения между щебеночно-гравийно-песчанной смесью и цементозолошлаковым вяжущим

Соотношение между вяжущим: ЩГПС, по массе и в %

1 – вяжущее с активностью 25 МПа; 2 – вяжущее с активностью 30 МПа;

3 – вяжущее с активностью 35 МПа; 4 – вяжущее с активностью 37 МПа

Из рисунка 1.3 видно, что:

- прочность образцов в зависимости от соотношения ШГПС : ЦЗШВ находится в пределах 2,8...17 МПа;

- с повышением активности ЦЗШВ и с увеличением содержания его прочность бетона возрастает;

- в зависимости от категории дорог на основе ЦЗШВ можно подобрать состав для любых оснований дорожных одежд, т.е. составы универсальны.

Сопоставление результатов по активности самостоятельного медленноотверждающего золошлакового и цементозолошлакового вяжущих показывает, что при строительстве оснований автомобильных дорог следует отдать предпочтение цементнозолошлаковому вяжущему поскольку:

- оно обладает несравненно более повышенной активностью, следовательно, основание на его основе имеет более повышенную прочность к трещиностойкости, морозостойкости и долговечность;

- его можно применять на любую категорию дорог, тогда как медленноотверждающее вяжущее по большому счету пригодно только для дорог IV и V

Известно, что битумосодержащие основания дорожных одежд по надежности и долговечности существенно превосходят все виды не битумосодержащих оснований.

Для определения физико-механических свойств оснований с использованием битумозолошлакового вяжущего первоначально ЩГПС смешивают с золошлаком при соотношениях 70:30, а затем подогревают эту смесь до 90°C. Отдельно разогревают битум до 120°C. Затем их смешивают в соотношениях 94:6. Далее из готовой битумо-минеральной смеси готовят методом прессования образцы – цилиндры размером 5х5см. Исследование образцов с использованием битумозолошлакового вяжущего показали, что они отвечают требованиям нормативных документов (СТ РК 1225-2013) и имеют следующие характеристики: предел прочности при сжатии (через 28 сут. при 20°C) - 2.1 МПа; предел прочности при сжатии (через 30 мин. при 50°C) - 1.9 МПа; средняя плотность - 2.38 кг/м<sup>3</sup> и водопоглощение - 2.1%.

В качестве основных компонентов вяжущих смесей для формирования нижнего и верхнего слоев дорожных оснований использованы золошлаковые отходы, цемент, битум и щебень. Химический, физико-химический и химико-минералогический состав исходных сырьевых

материалов и идентификацию гидратных фаз проводили согласно методикам, приведенных в [138-144]. Характеристика химического состава золошлаков ТЭЦ АО ССГПО приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Химический состав золошлаковых отходов

Оксиды	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
Содержание, %	61,3	24,5	3,3	1,0	1,37	1,8	0,2	0,5	0,2	0,5	5,33

Золошлаковые отходы в основном состоят из кислых оксидов (SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). По химическому составу они – кислые  $M_0 < 1$  ( $M_0 = CaO + MgO / SiO_2 + Al_2O_3$ ), поэтому не обладают гидравлическими свойствами.

Фазовый состав%: кварц - 23, муллит - 5, стекло - 66, уголь - 6. Из фазового состава наибольший интерес представляет стеклофаза, состоящая из аморфита и кристаллита. Физические параметры имеют следующие значения: истинная плотность - 2,95 г/см<sup>3</sup>, насыпная плотность - 795 кг/м<sup>3</sup> и удельная поверхность - 300 м<sup>2</sup>/кг. Гранулометрический состав золошлаков лежит в пределах от 0,001 мм до 0,30 мм, причем фракция -0,05...0,1 мм составляет более 55%. Цемент используемый для изготовления вяжущего марки ПЦ-500-Д0Н, имеет следующий фазовый состав, %: C<sub>3</sub>S (алит) – 44,12; β-C<sub>2</sub>S (белит) – 31,28; C<sub>4</sub>AF (целит) – 13,96; C<sub>3</sub>A (фелит) – 3,47. Для исследования гидратации (физико-химических свойств) системы «цемент-золошлаки - вода» готовили образцы размером 2х2х2см из теста нормальной густоты.

Гранулометрический состав золошлаков лежит в пределах от 0,001 мм до 0,30 мм, причем фракция -0,05...0,1 мм составляет более 55%.

Прочность образцов в зависимости от содержания золошлаковых отходов колеблется в пределах 16,8...18,5МПа. Оптимальный состав бетона с добавкой 10...15% золошлаков, при котором его прочность достигает более 18МПа. Коэффициент морозостойкости – 1,0.

Цемент используемый для изготовления вяжущего марки ПЦ-500-Д0Н, имеет следующий фазовый состав, %: C<sub>3</sub>S (алит) – 44,12; β-C<sub>2</sub>S (белит) – 31,28; C<sub>4</sub>AF (целит) – 13,96; C<sub>3</sub>A (фелит) – 3,47.

В качестве органического вяжущего целесообразно использовать «холодный» нефтяной битум марки - СГ 70/130; МГ 70/130; МГО 70/130.

Щебень для устройства оснований должен отвечать техническим требованиям ГОСТ 25607-2009 и СТ РК 1225-2013.

Для исследования гидратации (физико-химических свойств) системы «цемент-золошлаки - вода» готовили образцы размером 2х2х2см из теста нормальной густоты. Состав цементозолошлакового вяжущего, %: 70:30.

При смешивании цемента и золошлаков с водой в первую очередь гидратируется цемент, как более активная составляющая системы «цемент-золошлак», после чего начинается гидратация золошлака. В тех и других случаях в результате гидратации в твердеющей системе «цемент-золошлак» возникают гидратные соединения, большинство которых обладают цементирующими свойствами. Из сказанного следует, что в системе «цемент-золошлак» при гидратации возникают две взаимозависимые стадии – одна из которых связана с гидратацией цемента, другая с гидратацией золошлака.

При гидратации цемента в результате взаимодействия его составляющих с водой образуются преимущественно следующие гидратационные соединения по уравнению:

1.  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} = x\text{CaO} \cdot y\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + (3-x)\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
2.  $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 0,7 \text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
3.  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
4.  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{CaSO}_4 + 25\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ;
5.  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 10\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Известь  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , выделенная при гидратации цемента, взаимодействует с составляющими золы с образованием гидратационного соединения.

На рисунке 4.10 показаны рентгенограммы исходного цемента ПЦ 50 ДОН(1) и цементного камня (2) из него, твердевшего в течение 28 сут. в нормальных условиях.

На рентгенограмме цемента алит (C3S) представлен межплоскостными расстояниями:  $d/n=3,02; 2,76; 2,60; 2,32; 2,18; 1,93; 1,77; 1,63; 1,54; 1,48; 1,46 \text{ \AA}$ . Как видно, рентгенограмма исходного цемента в основном представлена пиками, характерными для алита, поскольку, он (алит) по содержанию превосходит другие минералы. При этом пики, характерные белиту, фелиту и целлиту, перекрываются алитскими пиками.

На рентгенограмме цементного камня, твердевшего в течение 28сут., появляются пики характерные для  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $d/n=4,93; 3,11; 1,86; 1,69 \text{ \AA}$ . При этом интенсивность рентгеновских пик исходного цемента уменьшаются, что обусловлено его гидратацией.

Петрографические исследования дают более точные морфологии гидратных новообразований в цементном камне. Как показывают полученные результаты, в цементном камне формируются следующие гидратные новообразования:

- известь формируется в виде базальных сферолитных пластинок, одноосная, отрицательная с показателями светопреломления:  $n_o=1,577$  и  $n_c=1,544$ ;

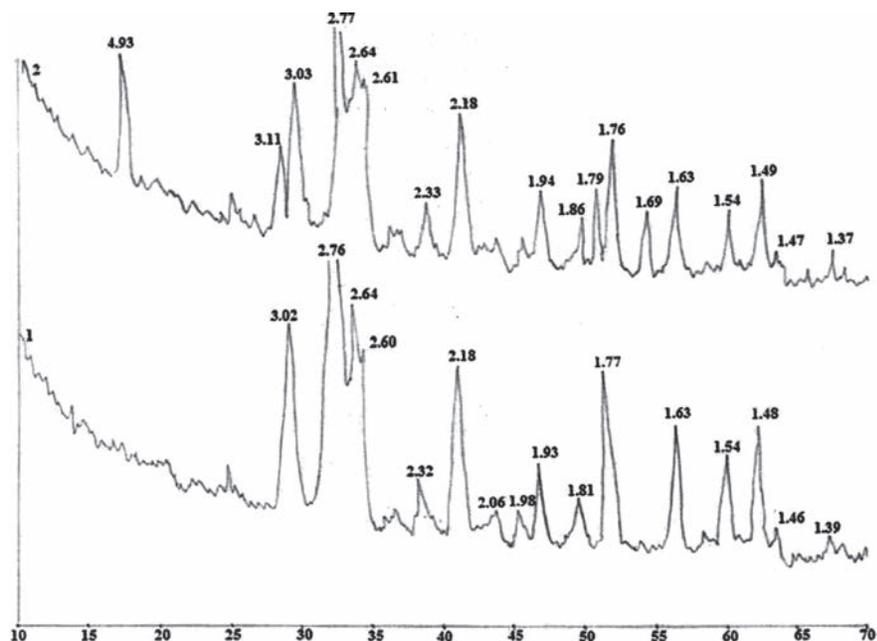


Рисунок 4.10 – Рентгенограмма исходного цемента ПЦ 500 Д0 Н (1) и цементного камня из него, затвердевшего в течение 28 сут. (2)

- тонкие иголки этtringита с  $n_o=1,464$  и  $n_c=1,460$ ;
- зернистая масса гидросиликатов кальция;
- отдельные призматические кристаллы кальция с  $n_g=1,684$  и  $n_p=1,531$ .

Установлено, что:

- длина кристаллов достигает 1,1...1,2 мкм;
- кристаллы и гелеобразная масса соответственно этtringита и гидросиликатных масс, как правило, располагаются вокруг зерен исходного цемента, а кристаллы извести с размерами 15...20 мкм – обособленно.

Таким образом, при гидратации цемента в цементном камне образуются в основном известь, этtringит, гидросиликаты кальция с гелеобразной массой (субкристаллической структурой), а также в небольшом количестве кальцит.

На рисунке 4.11 приведена рентгенограмма смеси, состоящей из исходного цемента (70%) и золошлаков (30%). Здесь доминируют пики, характерные для минералов цемента поскольку золошлаков в смеси относительно мало, а большее количество золы представлено стеклофазой, не имеющей кристаллической структуры, поэтому рентгеноаморфной.

По сути, рентгенограмма точно отражает соотношение содержания цемента и золошлаков в смеси. При этом четко фиксируются пики цементных минералов:

- алита ( $C_3S$ ) с  $d/n=3,03$ ; 2,96; 2,77; 2,60; 2,3; 2,18; 1,93; 1,82; 1,76; 1,62; 1,54; и 1,48Å;
- белита ( $\beta-C_2S$ ) с  $d/n=2,77$ ; 2,73; 2,60; 2,44; 2,03; 2,18; 1,62;
- фелита ( $C_3A$ ) с  $d/n=2,2$ ; 1,48Å;
- целита ( $C_4AF$ ) с  $d/n=2,7$ ; 1,92Å.

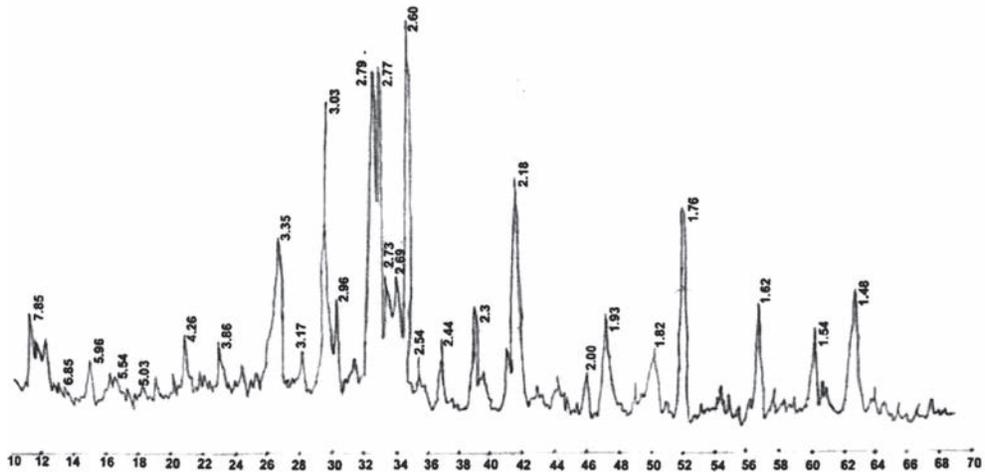


Рисунок 4.11 – Рентгенограмма смеси, состоящей из цемента (70%) и золошлаков (30%)

Из составляющих золошлаков на рентгенограмме появляется пик кварца ( $d/n=3,03\text{Å}$ ) и угля ( $d/n=7,85\text{Å}$ ).

Анализируя данные рентгенограммы можно констатировать следующее:

- из-за большого количества минералов в смеси происходит наложение их пик друг на друга, что приводит к их смещению;
- совпадающие пики, как правило, повышают их интенсивность.

На рисунке 4.12 приведена рентгенограмма цементного камня состава из цемента (70%) и золошлаков (30%), затвердевшего в течение трех суток в нормальных условиях.

Из этого рисунка видно:

- что некоторая часть цемента гидратируется (это, как правило, около 20% от его массы) в связи с этим интенсивность пиков, характерных для клинкерных минералов заметно снижается;
- появляются пики  $Ca(OH)_2$ , по интенсивности которых несколько меньше ее на чистом гидратированном цементе, что обусловлено взаимодействием между составляющими золы и  $Ca(OH)_2$ ;

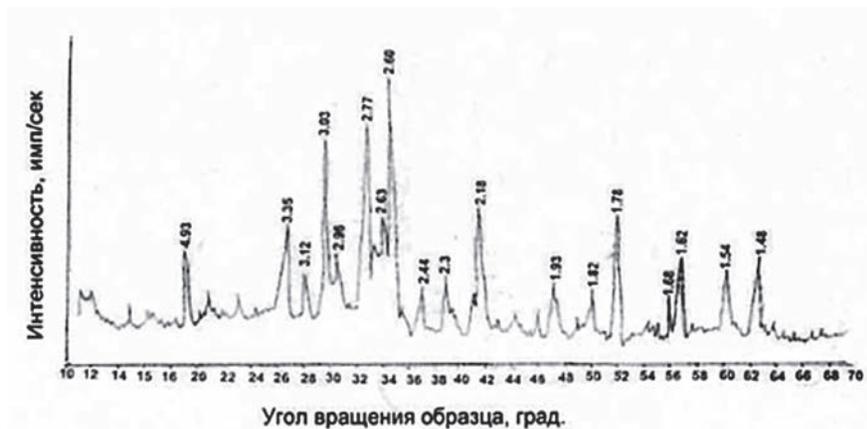


Рисунок 4.12 – Рентгенограмма цементного камня состава из цемента (70%) и золошлаков (30%), затвердевшего в течение трех суток в нормальных условиях

- из гидратированных минеральных цементов и составляющих золошлаков на рентгенограмме появляются только пики  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , а остальные из-за малого содержания, аморфности и субмикроструктурности на рентгенограмме не фиксируются.

Петрографические исследования показали, что:

- при гидратации цемента образуются:
  - тонкие иголки этtringита ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ) с  $n_o=1,464$  и  $n_{cs}=1,461$ ;
  - сферолитные и пластинчатые кристаллы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с  $n_o=1,576$  и  $n_c=1,546$ ;
  - зернистая масса гелеобразных и субмикроструктурных гидросиликатов кальция с  $n_g=1,633$ ;  $n_m=1,620$ ;  $n_p=1,613$  и  $n=1,54 - 1,59$ .
- при гидратации золошлаков (в результате взаимодействия их составляющих с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) образуются:
  - низкоосновные гидросиликаты кальция серии CSH(I) с  $n_{cp}=1,535-1,54$ ;
  - мелкие гексагональные зерна гидрограната возможно ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot (6-2x)\text{H}_2\text{O}$ ) с  $n_{cp}=1,612$ .

На рисунке 4.13 приведена рентгенограмма цементного камня состава из цемента (70%) и золошлаков (30%), затвердевшего в течение трех суток в нормальных условиях.

Из рисунка видно, что некоторая часть цемента гидратируется (около 20% от его массы) в связи с этим интенсивность пиков, характерных для клинкерных минералов заметно снижается.



Рисунок 4.13 – Рентгенограмма цементного камня состава из цемента (70%) и золошлаков (30%), затвердевшего в течение трех суток в нормальных условиях

Также появляются пики  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , но интенсивности которых несколько меньше ее на чистом гидратированном цементе, что обусловлено взаимодействием между составляющими золы и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Петрографические исследования показали, что при гидратации цемента образуются:

- тонкие иголки этtringита ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ) с  $n_o=1,464$  и  $n_g=1,461$ ;
- сферолитные и пластинчатые кристаллы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с  $n_o=1,576$  и  $n_c=1,546$ ;
- зернистая масса гелеобразных и субмикрочастиц гидросиликатов кальция с  $n_g=1,633$ ;  $n_m=1,620$ ;  $n_p=1,613$  и  $n=1,54 - 1,59$ .

При гидратации золошлаков (в результате взаимодействия их составляющих с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) образуются:

- низкоосновные гидросиликаты кальция серии CSH(I) с  $n_{cp}=1,535-1,54$ ;
- мелкие гексагональные зерна гидрограната возможно ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot (6-2x)\text{H}_2\text{O}$ ) с  $n_{cp}=1,612$ .

### 4.3 Технологии получения цементозолошлакового и битумозолошлакового вяжущих

Изготовление цементозолошлакового и битумозолошлакового вяжущих и их применение в составе оснований дорожных одежд складывается из следующих основных процессов:

- приготовление цементозолошлакового или битумозолошлакового вяжущих;
- доставка вяжущих в район устройства автомобильных дорог;
- подготовка земляного полотна;
- доставка песчано-гравийной или щебеночно-гравийно-песчаной смеси к месту использования;
- смещение на дороге ПГС или ЩПГС с цементозолошлаковым или битумозолошлаковым вяжущим;
- формирование основания на поверхности земляного полотна после подстилающего слоя или без него;
- уплотнение основания при помощи катков;
- проверка плотности и прочности основания на предмет его надежности и устойчивости.

Каждый из вышеупомянутых технологических процессов представляет собой ряд отдельных операций, выполняемых в известной последовательности, с определенным режимом на соответствующем оборудовании.

Прием и хранение цемента и золошлака производится в отдельности. Прибывающий на склад цемент и золошлаки снабжаются паспортом изготовителя, составленным на каждую партию, с указанием их физико-механических характеристик. Цемент и золошлаки должны храниться на закрытых складах, защищенных от доступа атмосферной и грунтовой влаги. Для повышения однородности, прямо на месте хранения, золошлаки можно пропустить их через стержневой смеситель и затем загрузить в цементовоз.

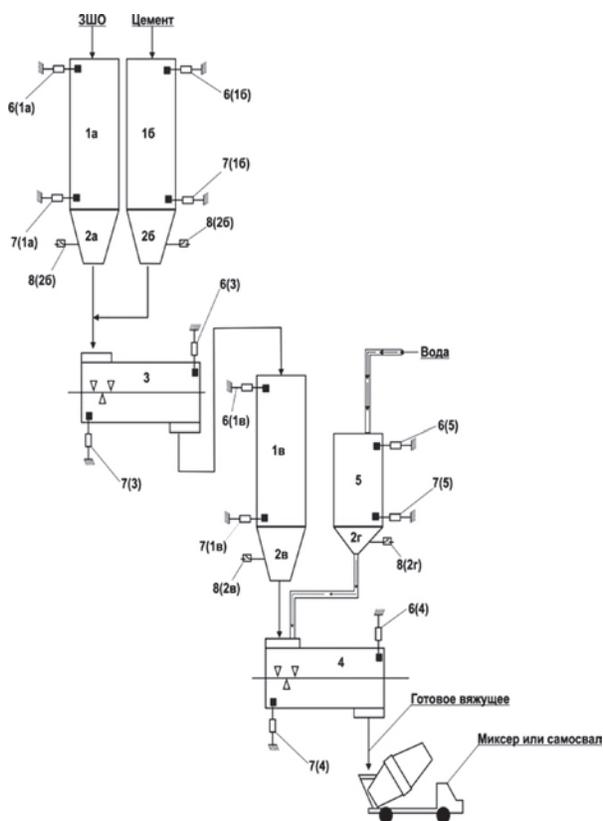
Технология получения цементозолошлакового вяжущего (ЦЗШВ) включает следующие операции: загрузку приемных бункеров; дозирование исходных компонентов; приготовление в смесителе сухой смеси; загрузку промежуточного бункера сухой смесью; дозирование сухой смеси и воды; приготовление ЦЗШВ в бетоносмесителе; выгрузку готового вяжущего.

Технологическая схема приготовления цементозолошлакового вяжущего приведена на рисунке 4.14. Цемент и однородные золошлаки к технологической линии, где готовят вяжущее доставляются цементовозом и подаются в соответствующие бункеры (1а и 1б). Одновременно происходит заполнение бака (5) технической воды.

Приемные (1а и 1б) и промежуточный (1в) бункеры, а также бак воды (5) снабжены датчиками, показывающими максимальный (верхние датчики) и минимальный (нижние датчики) уровень материалов в них.

Из бункеров (1а и 1б) через дозаторы (2а и 2б) цемент и золошлаки в заданных соотношениях попадают в смеситель (3), в котором происходит сухое перемешивание. При этом, датчики уровня смесителя (6 и 7)

синхронизированы с датчиками дозаторов 8(2а) и 8(2б), что способствует непрерывной работе смесителя сухого перемешивания. Полученную сухую смесь перекачивают в промежуточный бункер (1в), откуда через дозатор (2в) она попадает в бетоносмеситель (4), где смешивается с водой из бака (5) через дозатор(2г) в определенных соотношениях.



- 1а,1б,1в – бункера ЗШО, цемента и сухой смеси
- 2 – дозаторы (2а-ЗШО; 2б-цемента; 2в-сухой смеси; 2г-воды)
- 3 – смеситель для сухого перемешивания материалов
- 4 – смеситель для получения мокрой смеси
- 5 – бак технической воды
- 6 – датчики верхнего уровня (6(1а)-ЗШО; 6(1б)-цемента; 6(1в)-сухой смеси; 6(3)-смесителя сухого перемешивания; 6(4)-смесителя мокрой смеси; 6(5)-воды)
- 7 – датчики нижнего уровня (7(1а)-ЗШО; 7(1б)-цемента; 7(1в)-сухой смеси; 7(3)-смесителя сухого перемешивания; 7(4)-смесителя мокрой смеси; 7(5)-воды)
- 8 – датчики отк./закрытия дозаторов (2а – ЗШО; 2б-цемент; 2в – сухая смесь; 2г – вода)

Рисунок 4.14- Технологическая схема получения цементозолошлакового вяжущего для основания автомобильных дорог

Далее в процессе перемешивания получают цементозолошлаковую смесь с определенной подвижностью. Готовое вяжущее на миксере (или на самосвале) доставляют на объект, где на дороге смешивают с гравийно-песчанной смесью в заданных соотношениях, после чего основание послойно укладывают на подготовленный подстилающий слой. Полученную сухую смесь перекачивают в промежуточный бункер (1в), откуда через дозатор (2в) она попадает в бетоносмеситель (4), где смешивается с водой из бака (5)

(5) через дозатор(2г) в определенных соотношениях. Далее в процессе перемешивания получают цементозолошлаковую смесь с определенной подвижностью. Готовое вяжущее на миксере (или на самосвале) доставляют на объект, где на дороге смешивают с гравийно-песчанной смесью в заданных соотношениях, после чего основание послойно укладывают на подготовленный подстилающий слой.

Важнейшим условием получения качественного цементозолошлакового теста с заданными показателями свойств, а также обеспечения их постоянства от замеса к замесу является точность дозирования цемента, золошлака и воды. По строительным нормам допускается отклонение в дозировании не более  $\pm 1\%$  по массе цемента, золошлака и воды. Наиболее эффективными дозаторами являются весовые. Требуемая точность дозирования цемента, золошлака и воды в автоматических установках достигается тем, что сначала производится грубое отвешивание в размере примерно 90% от требуемого количества материала, а затем автоматически переходят на режим довешивания остального количества материала с добавкой небольшими порциями. Как только устанавливается равновесие, затвор закрывается, и дальнейшее поступление материала в дозатор полностью прекращается.

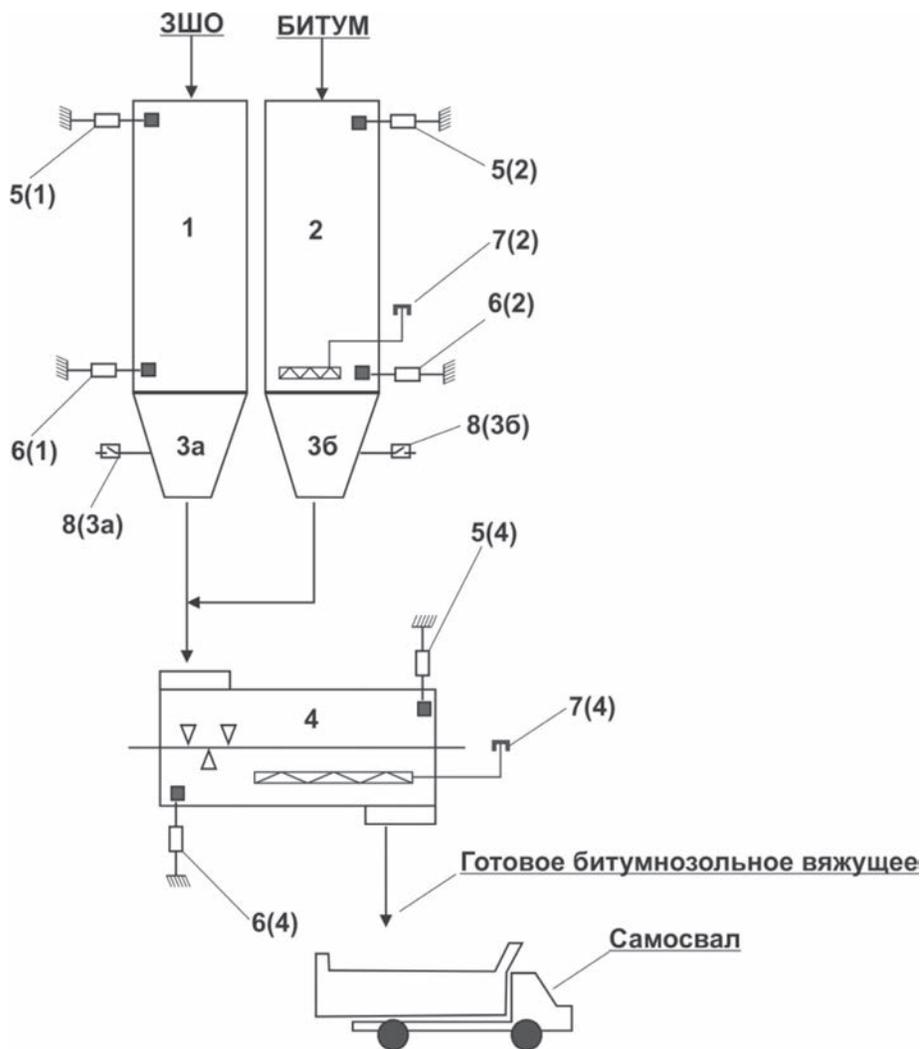
Основными параметрами технологии приготовления ЦЗШВ являются:

- соотношение между золошлаком и цементом в зависимости от активности ЦЗШВ;
- активность ЦЗШВ (может быть только выше заданной);
- время перемешивания в смесителе (зависит от физико-механических свойств цемента и золошлаков);
- подвижность цементозолошлакового теста (осадка конуса в пределах 7...9 см);

Для повышения эффективности процесс приготовления вяжущей смеси оснащается системой управления, которая при сравнении текущих значений величин, контролируемых датчиками, с заданными вырабатывает управляющие воздействия на исполнительные механизмы технологического оборудования. Для технологической линии приготовления вяжущего предусмотрен пульт управления оператора с мнемощитом.

Также разработана технология получения битумозолошлакового вяжущего (БЗШВ), включающая следующие операции: загрузку бункера золошлаков; закачку в бункер битума и его нагревание; дозирование исходных компонентов; приготовление БЗШВ в смесителе; выгрузку готового вяжущего.

На рисунке 4.15 приведена технологическая схема получения БЗШВ.



- 1 – бункер для золошлаковых отходов
- 2 – бункер для битума с подогревом
- 3 – дозаторы (3а–ЗШО; 3б–битума)
- 4 – смеситель с подогревом
- 5 – датчики верхнего уровня (5(1)-ЗШО; 5(2)-битума; 5(4)-смеси)
- 6 – датчики нижнего уровня (6(1)-ЗШО; 6(2)-битума; 6(4)-смеси)
- 7 – датчики температуры (7(2)-нагрева битума; 7(4)-нагрева смеси)
- 8 – датчики отк./закр. дозаторов (3а – ЗШО; 3б – битума)

Рисунок 4.15 - Технологическая схема получения битумнозольного вяжущего для основания автомобильных дорог

Доставляемые со склада цементовозом однородные золошлаки подаются в бункер (1). Битум из битумохранилища по трубе перекачивают в битумоплавильную установку-бункер (2), где битум разогревают до температуры 120-130°C. Из бункера (1) золошлак через дозатор (3а) поступает в смеситель (4), туда же через дозатор (3б) поступает разогретый битум. В смесителе (4) из золошлака и битума (в соотношении 94:6, %) получают однородную массу при температуре 120 - 130°C. Готовое БЗШВ самосвалом доставляют на объект.

Для технологии получения БЗШВ основными параметрами являются:

- содержание битума в вяжущем (может быть в пределах 5-7 % по массе);

- время перемешивания в смесителе (зависит от физико-механических свойств золошлаков и битума);

- плотность битумозолошлакового теста;

Вид битума в зависимости от вида основания может быть разным, например:

- для горячих асфальтобетонных смесей, в БЗШВ применяется вязкий битум (БНД – 90/130, БНД – 60/90, БНД – 40/90), при этом основания укладываются при температуре 120-130°C;

- для теплых асфальтобетонных смесей БЗШВ состоит из жидкого битума (СГ – 130/120) или маловязкого битума (БНД – 130/120, БНД – 200/300), при этом основание укладывают при температурах 60-80°C;

- для холодных асфальтобетонных смесей БЗШВ готовят из жидкого битума (МГ – 70/130 или СГ – 70/130) и основание укладывают при температуре, соответствующей температуре окружающего воздуха (но не ниже +10°C).

## ВЫВОДЫ

Химический анализ отобранных проб золошлаковых отходов ТЭЦ АО ССГПО показал, что они состоят в основном из кислых оксидов ( $M_0 < 1$ ), поэтому не обладают гидравлическими свойствами. Анализ результатов испытаний изготовленных образцов показал, что при содержании золошлаков до 15 % прочность образцов возрастает от 17 МПа (эталон) до 18,3 МПа. Морозостойкость образцов без и с 15 % добавкой идентична.

Проведенными исследованиями золошлаков установлен их фазовый состав, %: кварц - 23, муллит - 5, стекло – 66, уголь – 6.

Анализ качественно-количественных характеристик позволил определить приоритетные направления использования золошлаков для получения строительных материалов (в качестве компонентов для основания дорог, производства обжигового кирпича и в качестве добавок для бетонных смесей и при производстве железобетонных изделий).

Установлено, что исследованные золошлаки являются эффективными материалами для получения из них медленноотвердеющих, цементно и битумосодержащих вяжущих, используемых для устройства оснований дорожных одежд.

Лабораторные исследования показали, что цементозолошлаковое вяжущее с добавкой от 20 до 50% золошлака имеет активность 25-37 МПа, и по эффективности, как вяжущее, превосходит медленноотвердеющее золошлаковое вяжущее. На основе цементозолошлакового вяжущего можно изготовить бетонную смесь для устройства оснований дорожных одежд любой категории (соотношение между ЦГПС:ЦЗШВ может иметь 1:5; 1:4; 1:3; 1:2; и 1:1). При этом прочность оснований может колебаться в пределах от 2,8...14 МПа (для смеси состава 1:5) до 9...17 МПа (для смеси состава 1:1).

Исследование гидратации (твердения) системы «цемент - золошлаки - вода» показало, что взаимодействие ее составляющих осуществляется в двух этапах. Сначала гидратируется цемент с образованием гидратированных соединений, включая известь -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Затем выделенная известь взаимодействует со стеклофазой золошлаков с образованием гидросиликатов и гидрогранатов. На стыке системы «цемент-вода» и «золошлак-известь-вода» через их цементирующие вещества возникает дополнительный контакт, способствующий повышению плотности, прочности и долговечности цементного камня из цементозолошлакового вяжущего

Разработана технология получения цементозолошлакового вяжущего, для которой определены основные параметры (соотношение между

золошлаком и цементом, активность вяжущего, время смешения в смесителе, подвижность цементозолошлакового теста).

Разработана технология получения битумозолошлакового вяжущего основными параметрами которой являются: вид и содержание битума в вяжущем, время перемешивания в смесителе, плотность битумозолошлакового теста)

Разработанные технические решения по получению цементозолошлакового и битумозолошлакового вяжущих позволяют создать малоотходные технологии с использованием золошлаков ТЭЦ АО ССГПО, способствуют рациональному распределению минеральных ресурсов и решают вопросы экологии.

## ГЛАВА V. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕКОНДИЦИОННЫХ УГЛЕЙ КИЯКТИНСКОГО И ОЙ-КАРАГАЙСКОГО БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### 5.1 Технология переработки в топливные брикеты низкосортных углей Кияктинского месторождения

#### 5.1.1 Определение свойств бурых углей месторождения Киякты

Процессы переработки угля зависят от его структуры и состава. Элементный и групповой состав органической массы и неорганических компонентов углей в значительной степени влияет на его физико-химические свойства. В соответствии с этим изучение элементного состава углей и выявление связей с их физико-химическими свойствами является важной практической задачей, решение которой позволит выбрать наиболее рациональный технологичный способ переработки углей с целью получения различной продукции.

Анализ запасов бурых углей на месторождении и их основные характеристики, включая географические положения, предопределили направления дальнейших исследований, а именно отбор проб был проведен с месторождения Киякты.

В сентябре 2012 г. на угольном разрезе Киякты, вскрытом карьером с участка Северо-Западного борта были отобраны пробы и проведен химический и технический анализ в соответствии с методиками [145-146]. Результаты анализа этих проб, приведены в таблицах 5.1, 5.2 .

Таблица 5.1- Результаты химического анализа проб бурого угля Кияктинского месторождения

Показатели	Проба бурого угля					Среднее содержание
	1	2	3	4	5	
Влага, %	9,5	9,7	9,8	9,6	9,9	9,7
Влагоемкость, %	27,8	27,9	27,9	27,6	27,8	27,8
РН, %	6,8	6,9	7,0	6,69	6,7	6,8
Азот, %	0,82	0,87	0,88	0,9	0,87	0,87
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) мг/кг	29,2	28,1	29,0	30,0	30,1	29,3
Обменный калий (K <sub>2</sub> O) мг/кг	169,1	170,2	170,4	170,0	170,5	170,0
Натрий, %	3,1	3,5	4,0	3,6	3,9	3,6
Цинк, мг/кг	120	125	121	122	124	122

Железо, мг/кг	21	23	25	20	18	21
Молибден, мг/кг	19	18	19	15	13	17
Кобальт, мг/кг	0,3	0,2	1,2	0,1	0 " >	0,3
Медь, мг/кг	60	64	60	61	64	62
Бор, мг/кг	4,1	4,2	4,0	3,8	3,4	3,9
Марганец, мг/кг	23	21	20	19	18	20
Углерод, %	72,1	73,4	74,5	74,0	74,1	73,6
Хлор, %	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5 j	0,4
Кальций СаО, %	8,1	8,2	8,5	8,4	8,3	8,3
MgO, %	3,3	3,4	3,0	зд	3,2	3,2
Кремнезем (SiO <sub>2</sub> ), %	38,3	36,0	37,1	39,2	40,2	38,2
Свинец (Pb), мг/кг	ПО	105	101	104	102	104,4
Кадмий Cd, мг/кг	3,1	3,5	4,2	5,0	4,8	4Д
Зольность, %	22	21	23	20	22	22
Радиоактивность, Елк/кг	130,4	170,2	210,3	225,1	226,2	192,5
Гумус (общий)	68,5	68,9	70,5	69,7	68,4	69,2

Как показали анализы уголь месторождения состоит из органического вещества и минеральных примесей. Основными элементами, входящими в органическую массу угля, являются углерод, водород, кислород, азот и органическая сера. В углях содержатся и химические соединения некоторых металлов – кальция, железа, меди, свинца, марганца и др.

Влажность углей Кияктинского месторождения составляет 8-10 %, содержание серы в углях Верхнего горизонта – 0,1 %, Среднего – 0,8 % и Нижнего – 0,6 %, содержание фосфора небольшое – 0,012-0,186 %.

Таблица 5.2- Показатели технического качества угля Кияктинского месторождения

Показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Верхний пласт	Средний пласт
1	2	3	4	5
Максимальная влагоемкость	$W_t^r$	масс %	27,8	27,8
Влага аналитической пробы	$W^a$	-"-	7,3 – 11,45 9,5	5,3 -10,7 8,1
Зола сухого топлива	$A^d$	-"-	14,6 – 27,6 20,9	10,9 37,3 21,0
Сера общая сухого топлива	$S_t^d$	-"-	0,50 – 1,20 0,85	0,59 – 1,77 0,89

Фосфор сухого топлива	$P^d$	-“-	<u>0,010 – 0,057</u> 0,029	<u>0,074 – 0,186</u> 0,110
Хлор сухого топлива	$Cl^d$	-“-	0,10 – 0,53	0,06 – 0,31
Летучие вещества беззольного топлива	$V^{daf}$	-“-	<u>37,8 – 41,4</u> 40,1	<u>38,9 – 44,4</u> 41,2
Углерод сухого беззольного состояния	$C_t^{daf}$	-“-	<u>73,2 – 76,2</u> 74,7	<u>72,7 – 74,6</u> 73,5
Водород сухого беззольного состояния	$H_t^{daf}$	-“-	<u>3,6 – 4,4</u> 4,1	<u>4,4 – 5,0</u> 4,8
Азот сухого беззольного состояния	$N^{daf}$	-“-	<u>0,70 – 0,86</u> 0,82	<u>0,42 – 0,91</u> 0,75
Кислород сухого беззольного состояния	$O_a^{daf}$	-“-	<u>13,66 – 21,49</u> 19,31	<u>14,37 – 22,11</u> 19,83
Высшая теплота сгорания сухого беззольного состояния	$Q_s^{daf}$	<u>МДж</u> кг	<u>26,95 – 28,61</u> 27,69 6608 ккал	<u>27,34 – 29,36</u> 28,36 6291 ккал
Низшая теплота сгорания рабочего топлива (при макс. влагоемк.)	$Q_i^r$	<u>МДж</u> кг	14,58 3480 ккал	14,85 3544 ккал
Размолоспособность по методу ВТИ	$G_{rTJ}$	-	-	1,22 – 1,29
<p>Примечание – Пределы измерения – над чертой, средние – под чертой.  <math>W_t^r</math> - общее содержания внешней влаги в топливе и влаги воздушно сухого топлива; <math>W^a</math> - содержание влаги в пробе с крупностью зерен менее 0,2мм.</p>				

Уголь месторождения состоит из органического вещества и минеральных примесей. Основными элементами, входящими в органическую массу угля, являются углерод, водород, кислород, азот и органическая сера. В углях содержатся и химические соединения некоторых металлов – кальция, железа, меди, свинца, марганца и др.

*Показатели технического анализа.*

Методами технического анализа [147-151] определена зольность, содержание влаги, серы и фосфора, выход летучих веществ, высшая и низшая теплота сгорания. Результаты анализа показали, что средняя зольность угля  $A_s = 21 \%$ ; теплота сгорания сухого беззольного состояния

27,6-28,4 МДж/кг, теплота сгорания рабочего топлива при влажности 10-14 % – 14,7 МДж/кг; выход летучих веществ – 40 %.

Зольность угля определяется содержанием негорючих минеральных примесей, в состав которых входят карбонаты кальция  $\text{CaCO}_3$ , магния  $\text{MgCO}_3$ , гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , колчедан  $\text{FeS}_2$ , редкие элементы. При сжигании угля несгоревшая часть минеральных примесей образует золу, которая составляет для угля месторождения Киякты 20,9-21,0 %.

*Петрографический состав* угля характеризуется кларено-фюзеновыми составляющими с некоторой примесью дюрена и витрена при содержании минеральных примесей в среднем 21 %.

*Физические свойства угля*: насыпной вес угля составляет 0,67 кг/дм<sup>3</sup>, удельный вес – 1,58 кг/дм<sup>3</sup>.

*Влагоемкость* – свойство угля поглощать влагу составляет 20 %, т.е. при выдержке куска угля крупностью 13-50 мм в воде в течение 2 ч он сохраняет форму, поглотив при этом 20 % влаги от своего первоначального веса.

*Коэффициент размолоспособности* – характеризует сопротивляемость топлива размолу и определяется по ГОСТ 15489-70. Испытания показали, что коэффициент размолоспособности угля Кияктинского месторождения варьирует в пределах 1,22-1,29 (коэффициент размолоспособности эталонного топлива равен 1,0).

*Атмосферостойчивостью* уголь Кияктинского месторождения не обладает и при хранении на воздухе разрушается, образуя угольную мелочь класса 0-6 мм.

По склонности к окислению и возгоранию Кияктинский уголь относится к углям средней устойчивости к окислению и самовозгоранию (группа 3Б). Угли этой группы легко самовозгораются в отвалах, срок их хранения на складах ограничен 3 (тремя) годами.

*Удельная эффективная активность* радионуклидов не превышает 370 Бк/кг, что позволяет отнести угли месторождения Киякты к энергетическому сырью, используемому без ограничений (1 класс использования и хранения угля).

*Химический состав углей*, как уже указывалось, представляется

- 1) органической составной частью;
- 2) минеральной (неорганической) массой;
- 3) водой;
- 4) газами.

Минеральные примеси концентрируются в золе. Анализ золы показал, (таблица 5.3), что уголь относится к несоленым углям, содержание водорастворимого  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,09 – 0,69 %. Содержание смол невысокое – 3,0-7,5 %, битума – 0,3-1,3 %.

Таблица 5.3 - Химический состав золы угля

Наименование компонента	Единица измерения	Верхний пласт	Средний пласт	ПДК в воздухе населенных пунктов, мг/м <sup>3</sup>	
				Максим. – разовая	Средняя суточная
1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	масс %%	<u>9,34 – 57,91</u> 36,70	<u>27,62 – 60,15</u> 45,17	сод.в пыли 0,15	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–”–	<u>5,90 – 20,88</u> 16,77	<u>13,49 – 23,92</u> 20,22	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–”–	<u>5,31 – 38,47</u> 12,92	<u>2,73 – 23,18</u> 7,49	-	-
CaO	–”–	<u>3,62 – 12,47</u> 8,09	<u>1,54 – 13,78</u> 6,52	-	-
MgO	–”–	<u>2,25 – 4,75</u> 3,31	<u>1,88 – 5,40</u> 3,61	-	-
TiO <sub>2</sub>	–”–	<u>0,25 – 1,23</u> 0,67	<u>0,33 – 1,10</u> 0,66	-	-
Na <sub>2</sub> O	–”–	<u>1,40 – 5,50</u> 3,81	<u>1,40 – 4,90</u> 2,44	-	-
K <sub>2</sub> O	–”–	<u>1,05 – 2,75</u> 0,66	<u>0,37 – 2,25</u> 1,53	-	-
SO <sub>3</sub>	–”–	<u>2,26 – 19,50</u> 11,85	<u>2,23 – 13,63</u> 7,07	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–”–	<u>0,28 – 0,45</u> 0,32	<u>0,48 – 2,30</u> 1,12	-	-
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	–”–	<u>0,45 – 3,93</u> 1,75	<u>0,01 – 0,62</u> 0,16	0,01	0,001
Cu	г/т	25	-	-	0,002
Zn	–”–	120	-	-	0,0003
Pb	–”–	4,6	-	0,01	0,001
Ni	–”–	34	-	0,005	-
Co	–”–	25	-	-	-
Cd	–”–	< 2	-	-	-
V	–”–	120	-	-	-
Mo	–”–	0,5	-	-	-
Li	–”–	1,2	-	-	-
Sr	–”–	220	-	-	-
Cr	–”–	32	-	-	-
Hg	–”–	0,052	-	-	0,0003
As	–”–	31,1	-	-	-
R	–”–	2,7	-	-	-

Содержание токсичных примесей не выходит за пределы, характерные для энергетических углей.

Анализ результатов исследования химического состава угля, показал, что рН водной вытяжки -колеблется в пределах 6,7-7,0 уровень радиоактивности 226,2 Бк/кг. Содержание гуминовых кислот в среднем достигает 69,2%, а в отдельных пробах доходит до 70,5%. Содержание летучих веществ составляет 0,3-13%. Уголь этого месторождения, как видно из приведенных данных характеризуется незначительными изменениями по составу. Характер засоления хлоридно-сульфатный.

На основании результатов проведения-полевых литолого-геохимических исследований четырех сечений угольного разреза Ой-Карагая, вскрытого карьером химико-технологических бороздовых проб, зона окисления подразделена на две части: верхнюю, мощностью 2,6-9,0 м, сложенную окисленными углями и нижнюю, мощностью 5,5-11,0м, тусклыми, полуокисленными углями низкой механической прочности. Содержания гуминовых кислот, закономерно возрастает вниз по разрезу зоны окисления от 7,8 до 14,0-64,0%. С верхней и нижней части были отобраны пробы. Экспресс-анализ этих проб показал, что содержание гуминовых кислот в верхней части менее 30 %, рН водной вытяжки 6,0. В нижней части содержание гумуса достигает 64-72% , рН водной вытяжки 5,9-4,7.

Химический состав углей зоны окисления месторождения Ой-Карагай, определен в аналитической лаборатории КазНУ им. Аль-Фараби. В составе окисленных бурых углей установлено следующие соединения (%):

SiO <sub>2</sub> -25,45;	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 21,56;	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -20,37;
TiO <sub>2</sub> -1,25;	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0,08;	CaO-17,03;
MgO-1,62;	K <sub>2</sub> O-0,75;	Na <sub>2</sub> O-0,16;
SO <sub>3</sub> -7,85;	BaO-4,06;	N-0,6.

Выход летучих веществ составляет 43,1%, битумов — 1,34%, зольность углей -20,7%. Месторождение характеризуется непостоянством состава с преобладанием железисто-известковой разновидности.

Окисленные угли в небольшом количестве содержат также подвижные формы -и макро- и микро элементов (мг/кг): аммиачный и нитратный азот соответственно 8,7-12,0 и 1,8-3,3;

Fe-1,63-37,3;	Си -0,08-2,5;	В-0,8-2,5.
Zn- 0,6-1,13;	Mn-1,5-5,4;	
Co-0,06-0,19;	Mo-0,1-0,25;	

Содержание свинца и кадмия ниже предельно-допустимых количеств. Угли этого месторождения характеризуются высокой емкостью катионного обмена (111,6-262,1 мг-экв/100г) и сорбцией азота из раствора (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, которая составляет г на 1 кг угля. Среди обменных оснований

преобладает кальций (33,9-89,8 мг-экв), магний (14,4-29,8 мг-экв) и натрий (0,42-0,88 мг-экв). При этом наблюдается четко выраженная тенденция уменьшения суммы обменных катионов сверху-вниз по разрезу зоны окисления.

### **5.1.2 Особенности брикетирования угля и методическое обоснование состава шихты**

Брикетирование – это превращение угольной мелочи путем прессования в прочные брикеты определенной геометрической формы.

История углебрикетного производства берет свое начало в середине 19 столетия. В 1870 году в г. Одессе была сооружена первая брикетная фабрика. В 20 столетии, с ростом индустрии получает развитие угольная промышленность и развивается брикетирование некондиционного угля. Строятся новые фабрики в Донбассе, Подмосковном бассейне, Средней Азии, Дальнем Востоке, Украине, Экибастузском бассейне и других регионах бывшего Советского Союза.

Широко развито брикетирование угля во многих странах Европы (Польша, Венгрия, Румыния, Франция, Англия, Голландия, Германия), Азии (Япония, Китай) и США.

Объектами брикетирования являются бурые молодые и каменные тощие угли, не обладающие прочностью и легко разрушающиеся после выдачи их на поверхность из шахты, при хранении и транспортировке, а также угольная мелочь, не находящая рационального применения.

В процессе промышленных разработок создавались и теоретические основы брикетирования. Несмотря на все многообразие углей, их химических и физико-механических свойств, известными исследователями были разработаны основные положения и предпосылки возможности брикетирования углей различных марок, определены физико-химические взаимодействия, протекающие в угле в ходе его прессования. В 21 столетии исследования по брикетированию все новых месторождений углей не прекращаются и, каждый исследователь вносит свой вклад в развитие теории и практики этого сложного процесса [152-153].

Брикетирование угля представляет собой сложный физико-химический процесс взаимодействия отдельных твердых частиц в газовой, жидкой и пластичной среде. По мнению автора, решающим фактором в процессе брикетирования является физика и химия контактного взаимодействия угольных частиц между собой, а также между разделяющими и ограждающими слоями и поверхностями.

Структуру угольных брикетов можно рассматривать как дисперсную систему: дисперсная среда – связующее, дисперсная фаза – уголь. Важную

роль при этом играют процессы взаимного расположения и взаимосвязи отдельных элементов системы. Структурно-реологические и физико-химические процессы, протекающие при формировании структурного каркаса угольных брикетов, во многом зависят от целого ряда факторов, оказывающих влияние на интенсивность адгезионных и когезионных взаимодействий при подготовке брикетной смеси к прессованию [154-155].

Химическая природа угля оказывает определяющее влияние на процессы структурообразования, протекающие в зоне контактноугольной поверхности и связующего. Различная степень углефикации, неоднородный петрографический состав и неодинаковое содержание активных функциональных групп углей влияют на их способность к склеиванию со связующими. В свою очередь, функциональные группы связаны с полярностью угольного вещества. Основными функциональными группами с участием активного кислорода в углях следует считать карбоксильные, карбонильные, которые могут образовывать внутри- и межмолекулярные водородные связи, приводящие к возникновению прочных соединений.

С ростом степени углефикации функциональные группы углей отщепляются, что приводит к освобождению связей на периферии макромолекулы. Это способствует возникновению своеобразных высокоактивных свободных радикалов. Они играют существенную роль в обеспечении химических связей угольных частиц со связующими.

Слабо метаморфизованные бурые угли являются главными носителями функциональных групп и поэтому, вероятно, не исключается возможность специфического взаимодействия этих углей со связующими. На высших стадиях метаморфизма угли имеют меньшие функциональные кислородные группы, гидролизующиеся эфирными связями. Их кислород, сохраняющийся лишь в гетероциклической форме, существенного влияния на активные свойства угля не оказывает. Боковые группы, судя по содержанию летучих веществ, остаются в незначительном количестве.

При отношении  $O^{daf}$  к  $C^{daf}$  равном 0,15 отмечается высокое содержание кислородных групп, которые придают поверхности гумусовых углей гидрофильность и снижают угол смачивания. А для битуминозных углей небольшое количество кислородсодержащих групп может быть несущественным по сравнению с действием гидрофобных С-Н-групп, которые существенно увеличивают угол смачивания.

Изучение условий контактного взаимодействия частиц в процессах переработки угольной мелочи позволяет выделить направления, по которым необходимо провести исследования, чтобы с единых позиций физико-химической механики и поверхностных явлений получить полную картину этого взаимодействия. Необходимо рассмотреть силы адгезии и

аутогезии частиц угля в индивидуальных контактах, аутогезию множества частиц, а также внутреннее трение.

Бурые угли являются аморфными полимерами содержащими битум, гуминовые кислоты, остаточные органические вещества и влагу. Состав и структура угля определяют процессы его переработки. Брикетирование угля является одним из перспективных способов утилизации тонкозернистого, пылевидного сырья с получением высококачественной продукции для бытового и промышленного потребления. Результаты исследований многочисленных авторов по получению брикетов, позволили определить основные условия формирования прочного брикета и обосновать методику исследования.

Присутствие битума и гуминовых соединений в буром угле под действием высоких давлений прессования обеспечивает образование прочного брикета вследствие:

- размягчения битума и образования пластичной массы;
- проявления связующих свойств гуминовых соединений, содержащих различные полярные группы с разветвленной поверхностью, склонные к набуханию;
- оптимизации гранулометрического состава шихты и ее влажности.

Обоснование методики исследований базируется на следующих положениях:

- давление прессования является основным фактором влияющим на прочность брикетов. Повышение давления прессования с 60 до 220 МПа позволяет при прочих равных условиях повысить прочность брикетов в пять раз.

- давление прессования не должно превышать пределов, при которых температура в шихте не будет превышать температуру плавления битума 70-80°C. В случае превышения давления шихта может разогреться в формовочном канале до температуры 250-300°C, что приведет к разрушению битума и снижению прочности брикета.

Влияние гранулометрического состава определяется суммарной поверхностью зерен, количеством и величиной пустот в структурном каркасе брикетов, содержанием остроугольных зерен, рельефом твердой поверхности и наличием пылевидных частиц. Прочность брикетов тем ниже, чем однороднее ситовой состав: однородная смесь не позволяет обеспечить должную плотность упаковки, зерна укладывается со значительным количеством пустот в каркасе. Большое содержание крупных зерен (более 6 мм) отрицательно сказывается на прочности брикетов.

Влияние влаги сказывается на интенсивности молекулярных сил сцепления. Если содержание влаги ниже 8÷10%, то поверхность частиц недостаточно покрывается водными пленками, молекулярные силы

сцепления слабые. Повышенное содержание влаги до 20% и более отрицательно влияет на прочность брикетов.

С целью увеличения пластичности угля, повышения прочности брикетов, их водо- и термоустойчивости и улучшения других технологических характеристик используются связующие вещества.

Бурые угли можно рассматривать как аморфные полимеры нерегулярного строения по данным [156] групповой состав органической массы бурых углей принимался следующим:

бурый уголь = битумы + гуминовые кислоты + остаточный уголь.

Их свойства во многом определяются процессами коллоидного набухания. Брикетирование таких веществ представляется как сложный многоступенчатый процесс образования прочного аутогезионного комплекса за счет высоких давлений прессования. Существует несколько гипотез механизма образования брикетов из бурых углей [157].

*Битумная гипотеза.* К битумам относятся смолообразующие вещества угольной массы, которые можно извлечь из угля при помощи экстрагирования. В качестве растворителей применяются: смесь бензола и спирта, дихлорэтан, керосин, бензин и др. К битумам относятся также смолистые вещества, извлекаемые из угля при сухой перегонке.

В состав битумов входят спирты, углеводороды, кислоты и эфиры, а в состав битумов бурых углей также и воски.

Гидрофобность битумов сообщает некоторую водоустойчивость брикетам, хотя в практике имеют место случаи получения неводоустойчивых брикетов из бурых углей, содержащих более 11 % битумов. Битумы бурых углей имеют температуру плавления около 900. Они содержат 77-80 % углерода и 9-12 % водорода.

Старые бурые угли дают обычно малый выход битумов – от 3 до 4 %, молодые бурые угли дают выход битумов 12-14 %; а в отдельных случаях до 24 %.

Все угли, содержащие битумы в количестве более 6-8 %, хорошо брикетируются, без присадки связующих веществ. Битумная гипотеза объясняет это следующим образом: температура плавления битумов составляет 70-80°C; под действием более высокой температуры, развивающейся в формовочном канале прессы, битумы размягчаются и превращаются в пластичную массу, спрессовывающуюся вместе с углем в брикеты, на внешней оболочке которых появляется блестящая пленка, образованная размягченным под действием высокой температуры битумом.

Таким образом, битумы являются как бы связующим веществом при брикетировании угля.

Для получения механически прочных брикетов каждый вид угля должен содержать определенное количество влаги, достаточное для предупреждения перегрева частиц битума.

Температура прессования должна быть ниже температуры распада битума, теряющего при распаде свои связующие свойства, вследствие чего частицы угля больше не связываются и брикет получается рыхлым и непрочным.

Чем мельче зерно угля, тем быстрее в нем размягчается битум при повышении температуры, в крупных же зернах битум плавится только на поверхности зерна. Поэтому недостаток мелких зерен в сушонке ведет к ухудшению качества брикетов.

*Капиллярная гипотеза* рассматривает уголь, как затвердевшее коллоидное вещество, масса которого пронизана многочисленными порами – капиллярами, заполненными водой. Количество и величина капилляров в угольной частице зависят от степени углефикации. Чем дальше пошел этот процесс, тем химически старше уголь, тем меньше в нем капилляров.

Молодые бурые угли наименее углефицированы, поэтому количество капилляров в них наибольшее, а так как капилляры заполнены водой, то, естественно, подобные угли обладают более подвижной и пластичной массой, чем старые бурые угли.

В процессе прессования угольной массы часть капилляров угольных частиц претерпевает сжатие. Освободившаяся из них вода, а также вода, частично выжатая из неразрушенных капилляров, покрывает в виде тончайшей пленки угольные частицы, которые при этом приходят в наиболее тесное соприкосновение, достаточное для проявления молекулярных сил, под действием которых происходит сцепление частиц между собой и образование брикета. Чем тоньше слой жидкости, обвалакивающий угольные частицы, тем меньше расстояние между ними и сильнее проявляется действие молекулярных сил сцепления.

При снятии давления прессования с брикета сжатые капилляры угольной массы стремятся к расширению и, следовательно, к поглощению выжатой из них воды. Но так как эта вода остается на поверхности угольных зерен адсорбционно-связанной, то происходящее явление поглощения капиллярами влаги делает водяные пленки на поверхности зерен настолько тонкими, что силы сцепления между угольными частицами возрастают в еще большей степени.

Таким образом, действие давления штемпеля пресса вызывает проявление молекулярных сил сцепления угольных частиц.

*Гуминово-кислотная гипотеза* объясняет брикетируемость бурых углей наличием в них свободных гуминовых кислот, способствующих сцеплению угольных частиц при приложении давления.

Гуминовые кислоты представляют собой коллоиды, находящиеся в аморфном состоянии. Они обуславливают вязкость угольной массы. Высокое содержание гуминовых кислот в молодых бурых углях делает возможным получение из них брикетов при меньших давлениях, чем требуется для получения брикетов из углей с малым содержанием этих кислот. Из угля, не содержащего гуминовых кислот, получение брикетов при обычных условиях прессования и без добавок каких-либо связующих веществ невозможно. Вода, согласно гипотезе, на процесс сцепления угольных частиц оказывает незначительное влияние.

*Коллоидная гипотеза*, отрицая некоторые положения капиллярной и гуминово-кислотной гипотез, объединяет и дополняет их.

Согласно этой гипотезе, бурый уголь состоит из жидкой и твердой фаз. Твердая фаза угольной массы состоит из мельчайших коллоидных гумусовых частиц крупностью от 0,001 до 0,00001 мм. Процесс прессования является методом уплотнения коллоидных частиц, вызывающим проявление сил сцепления при уменьшении расстояний между ними. Силы сцепления коллоидных частиц у разных углей различны и зависят от степени углефикации.

Степень сближения коллоидных частиц, а следовательно, и величина сил сцепления обуславливают механическую прочность брикетов, на которую оказывает большое влияние содержание влаги в угле. При недостатке ее затрудняется скольжение частиц по отношению друг друга и они не могут занять наивыгоднейшее положение, необходимое для взаимодействия молекулярных сил сцепления между частицами и образования прочного брикета.

При повышении содержания влаги увеличивается толщина обволакивающих коллоидные частицы угля водных пленок и расстояние между ними, вследствие чего уменьшается сила сцепления отдельных частиц между собой и при прессовании такого угля из него не получается прочного брикета.

Основными параметрами, определяющими брикетируемость бурых углей без связующих по *гидрационно-молекулярной гипотезе*, являются остаточная влага после сушки и крупность угля. Поэтому, оптимальное соотношение адсорбционной (между частицами угля) и капиллярной (в капиллярах) влаги в узких классах крупности сушонки и количество выдавливаемой влаги при определенном давлении прессования являются основными элементами этой группы.

Из рассмотренных гипотез наиболее полной, объясняющей явления, происходящие в процессе образования брикетов, следует считать коллоидную гипотезу. Однако и она не полностью объясняет причины брикетируемости или небрикетируемости углей одной и той же степени

углефикации, что особенно относится к старым бурым углям. Поэтому, несмотря на положения, выдвинутые коллоидной гипотезой, она нуждается в дальнейшей доработке.

Среди большого количества факторов, влияющих на процесс получения прочных брикетов из бурых углей, необходимо выделить: влажность и крупность угля, давление и температуру прессования, сушку и охлаждение брикетов [200-205]. Влияние влаги сказывается на интенсивности молекулярных сил сцепления. Оптимальное содержание влаги обусловлено крупностью, температурой сушонки. При этом максимально проявляются молекулярные силы сцепления. Достигается высокая прочность брикетов. Повышение содержания влаги отрицательно влияет на прочность брикетов, особенно если она достигает 20 % и более. При утолщении водных пленок сцепление между зернами не происходит из-за вынужденного снижения давления прессования. Если содержание влаги ниже 8-10 %, то поверхность частиц недостаточно покрывается водными пленками, молекулярные силы сцепления слабые. Для брикетирования такого угля необходимо увеличивать давление прессования. Высокие давления приводят к интенсивному выжиму влаги из капилляров и нежелательной «перепрессовке» угля. Брикеты получаются непрочными, легко разрушаются.

Существенное влияние на качество брикетов оказывает распределение влаги в отдельных классах. Мелкие частицы угля быстрее и легче отдают свою влагу при сушке, чем более крупные зерна. Поэтому для достижения высокой прочности брикетов необходимо обеспечить минимальную влагоразность между мелкими и крупными зернами. На влагоразность влияют скорость и способ сушки угля, разница в размерах наибольших и наименьших частиц материала, природа угля. Важно учитывать неравномерность распределения влаги в крупных зернах: в них после сушки влага испаряется только с поверхности, задерживаясь в глубинных участках. Со временем она перемещается к периферии, вызывая в брикетах многочисленные трещины. Прочность брикетов падает, снижается водоустойчивость [158-167].

Крупность угля определяет суммарную поверхность частиц брикетируемой массы. Чем больше эта поверхность, тем выше число контактов частиц внутри брикетов и интенсивнее действие молекулярных сил сцепления. Увеличение суммарной поверхности зерен может быть достигнуто за счет дробления. В брикетах из мелкого угля меньше внутренних дефектов, выше плотность упаковки, лучше пластичность брикетируемой массы. Отсюда более равномерное распределение давления по всему объему брикетов [168-169].

Гранулометрический состав тесно связан с процессом прессования. Снижение крупности способствует более плотной укладке частиц;

уменьшается время и количество энергии, затрачиваемой на хрупкие и упругие деформации материала; увеличивается доля энергии и времени на полезные пластические деформации. Повышение содержания крупных зерен в угле увеличивает количество и размер пустот в брикете. В этом случае часть энергии прессования вынужденно расходуется на разрушение крупных зерен. Пластические деформации уменьшаются, прочность брикетов снижается. Минимальные усилия при формировании брикета затрачиваются, когда расположение крупных и мелких зерен не вызывает их измельчения. В такой структуре все промежутки заполнены мелочью. Если при одинаковом расположении угольных зерен уменьшается их величина, то неизбежно растет их количество и поверхность контакта. Отсюда при постоянном общем давлении уменьшается удельное давление на частицу. Возрастает совокупность поверхностей сцепления и плотность брикета. Увеличение степени углекислотности требует снижения крупности и влажности брикетируемого угля не повышая давления прессования и температуры сушонки.

Фактор прессования является важнейшим для получения прочных брикетов. При прессовании под действием механического давления происходит всестороннее обжатие бурого угля с образованием кускового продукта – брикета. Брикетируемый материал – сушонку – можно рассматривать как трехфазную систему: твердое, жидкое и газообразное. Газообразная фаза – это воздух в порах угля и в промежутках между отдельными зернами. Основная масса воздуха в процессе прессования легко удаляется. Лишь небольшое количество его остается в спрессованном угле, ослабляя структуру брикета. Поэтому в процессе прессования необходимо максимальное удаление воздуха через соответствующие зазоры прессующих аппаратов. Основное влияние на характер окускования оказывают структурно-реологические и физико-химические свойства твердой фазы, а также содержание воды [170].

До приложения давления частицы угля контактируют друг с другом по отдельным точкам. С приложением давления точечные контакты переходят в слабые поверхностные, при максимальном усилии прессования – в прочные связи молекулярных сил сцепления. С усилением давления происходит последовательное вовлечение в зону контактирования всей массы брикетируемого угля. Формирование структуры брикетов сопровождается деформацией угля в канале пресса и после выхода из него брикетов. Деформация первого периода необратимая или остаточная, второго – обратимая или упругая. Необратимая деформация вызвана действием хрупких и пластических деформаций. Хрупкие деформации приводят к разрушению зерен при высоких давлениях прессования. Они связаны с раздавливанием крупных частиц и укладкой их в брикетном

каркасе. Пластические деформации вызывают структурные изменения формы и объема зерен при их уплотнении. Они не нарушают сплошность структуры зерна. Хрупкие деформации приводят к образованию первоначальной структуры брикетов. Окончательное ее формирование достигается в результате действия пластических деформаций в конце прессования и упругих деформаций после снятия давления.

Упругие деформации связаны с силами преодоления физического и химического взаимодействия молекулярного сцепления зерен в брикете. Наиболее благоприятно действие упругих деформаций, когда они переходят в пластические, упрочняя брикет. Упругое последствие у выходящего из пресса брикета является результатом накапливаемой потенциальной энергии при прессовании. В этот момент система деформированных угольных частиц (брикет) стремится занять равновесное состояние. Для него характерно уменьшение свободной потенциальной энергии до минимальных значений. Следовательно, действие хрупких и пластических деформаций в условиях постоянно растущего давления прессования вызывает уплотнение материала и упрочнение брикета. Действие упругих деформаций вызывает ослабление структуры брикетов.

На диаграмме (рис. 2.1) показан процесс прессования угля в матрице с неподвижным упором 2 и штемпелем 3. По оси ординат – давление прессования –  $P_{пр}$ , по оси абсцисс – ход штемпеля –  $h$ . С приложением давления сыпучая масса угля уплотняется. Высота засыпки падает с первоначальной  $H_1$  до конечной  $H_2$ , характеризуясь кривой  $OA$  и абсциссой  $h_1$ . Штемпель, достигнув положения  $H_2$  (максимальное давление прессования), начинает движение в обратную сторону. Этому моменту соответствует противодействие спрессованного материала, описываемое кривой  $AB$ . Происходит расширение брикета на величину от  $H_2$  до  $H'_2$ , что соответствует значению  $h_2$  на абсциссе диаграммы. Величина  $h_2$  характеризует упругость брикета.

Отношение значения  $H_1$  к  $H_2$  называется коэффициентом уплотнения:

$$k_1 = H_1 / H_2 \text{ или } \gamma_2 / \gamma_1, \quad (5.1)$$

где

$\gamma_1$  – насыпной вес угля, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_2$  – объемный вес брикета под максимальным давлением, кг/м<sup>3</sup>.

Отношение значения  $H'_2$  к  $H_2$  называется коэффициентом упругого расширения

$$k_2 = H'_2 / H_2 = \gamma_2' / \gamma_2, \quad (5.2)$$

где

$\gamma_2'$  – объемный вес брикета после снятия давления, кг/м<sup>3</sup>.

По диаграмме (рис. 2.1) можно оценить брикетированность материала для любого заданного значения давления прессования. Энергия прессования расходуется на преодоление сопротивления трения между частицами угля при уплотнении, трения угля о стенки матрицы, упругих и остаточных деформаций. Таким образом, основными параметрами процесса прессования являются уплотнение –  $h_1$ , коэффициенты уплотнения и упругого расширения –  $k_1$  и  $k_2$ , количество поглощенной при прессовании и отданной при упругом расширении энергии –  $E_1$  и  $E_2$ . Прессование выявляет пластические и упругие свойства исходного угля, т.е. характеризует способность его к брикетированию. Математически прессуемость бурого угля можно выразить показателем пластичности  $k = E_1/E_2$ .

Давление прессования является основным параметром, влияющим на прочность брикетов.

Повышение давления прессования с 60 до 220 МПа позволяет при прочих равных условиях повысить прочность брикетов в пять раз (рис. 2.2). Для разных бурых углей существует свой предел давления прессования, выше которого прочность брикетов падает. На процесс прессования влияет длительность воздействия давления и равномерное его распределение в объеме брикетируемого материала. Уплотнение происходит не мгновенно, а во времени. Это позволяет передавать усилия прессования последовательно от периферийных слоев к глубинным. В первоначальный момент давление распространится в объеме материала волнообразно. Повышение усилий способствует некоторому выравниванию давления по высоте брикета. Продолжительность прессования сказывается на соотношении и характере пластических и упругих деформаций: при малых скоростях нарастания давления и длительном его воздействии увеличивается количество пластических и падает доля упругих деформаций; при очень быстром или мгновенном приложении давления имеют место чрезмерные упругие деформации. Быстрое приложение давления приводит к весьма нежелательному явлению – запрессовке воздуха в пустотах между сдавливаемыми зернами угля; стремясь покинуть пустоты после снятия давления, воздух разрушает брикеты. При медленном возрастании усилий прессования воздух из пустот структурного каркаса удаляется почти полностью, прочность брикетов сохраняется. Недостаточное время приложения давления приводит к снижению прочности брикетов и производительности прессов.

Характер снятия давления и выталкивания брикета из пресса определяет интенсивность действия упругих деформаций. Наиболее целесообразно равномерно снимать давление при выталкивании брикетов. Это ослабляет вредное влияние расширяющих усилий на структурный каркас, особенно если он малого объема.

Развитие давления прессования зависит от температуры угля. Увеличение нагрева угля способствует росту пластических деформаций, уменьшению трения между частицами и снижению упругого последствия. Высокие температуры сушонки позволяют брикетировать при более низких давлениях. Это связано с интенсивностью броуновского движения и ослаблением внутримолекулярных связей, повышающих коэффициент пластичности. Нагрев угля улучшает вытеснение влаги из капилляров и перемещение ее внутри брикета. Существует оптимум, до которого может быть нагрет уголь. Увеличение температуры выше оптимальной вредно усиливается упругое расширение в брикетах, выходящих из пресса, падает их прочность. Для достижения оптимальной температуры угля перед прессованием его охлаждают. Охлаждение должно быть кратковременным, чтобы не допустить увеличения разницы в температуре крупных и мелких зерен: чем меньше разность температур этих зерен, тем меньше трещин на поверхности брикетов.

Нагретый сухой уголь отправлять непосредственно на прессование не рекомендуется, так как после сушки он интенсивно отдает влагу. Выделяющиеся водяные пары, конденсируясь, ухудшают процесс брикетирования. Поэтому перед прессованием сушонку охлаждают. Лучше охлаждать только крупные зерна – основной источник влаги вторичных капилляров. Мелкие зерна охлаждать не следует, они могут потерять пластичность.

### **5.1.3 Методика лабораторных исследований по окускованию некондиционного угля**

Основные критерии характеризующие потребительские качества брикетов: прочность, теплотворная способность и водоустойчивость.

Из опыта производства брикетов известно [171-173], что прочность брикетов ( $y$ ) зависит от следующих факторов: давления прессования ( $x_1$ ), длительности сжатия при прессовании ( $x_2$ ), влажности ( $X_{1,3}$ ), гранулометрического состава ( $x_4$ ), типа связующего ( $x_5$ ), процентного содержания связующего вещества ( $x_6$ ), формы брикетов ( $x_7$ ), величины брикетов ( $x_8$ ), коэффициента уплотнения брикетов ( $x_9$ ), температуры прессования брикетов ( $x_{10}$ ), а также от способов охлаждения, осушения и упрочнения брикетов после прессования ( $x_{11}$ ) т.е.

$$y = f(x_1; x_2 \dots x_{11}) \rightarrow \max \quad (5.3)$$

Поскольку теплотворная способность брикетов определяется физико-химическим составом исходного сырья, то при разработке методики этот показатель не включили в программу лабораторных исследований.

Процесс получения брикетов начинается с подготовки исследуемого бурогоугольного сырья.

Крупность угля определяет суммарную поверхность частиц брикетируемой массы. Чем больше эта поверхность, тем выше число контактов внутри брикетов и интенсивнее действие молекулярных сил сцепления. Увеличение суммарной поверхности зерен достигается дроблением и измельчением угля.

Важное значение имеет равномерное распределение классов крупности в брикетной шихте. Максимальной прочностью обладают брикеты при следующем соотношении классов крупности брикетируемой смеси, которые показаны в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соотношение классов крупности брикетируемой смеси

Крупность шихты, мм	Соотношение, %
0-1	50
1-2	40
2-4	5-10
4-6	2-5

Для экспериментов используется воздушно-сухой уголь, выдержанный в течение длительного времени при комнатной температуре и раздробленный до крупности  $5 \div 1$  мм.

После подготовки исследуемого угля проводится: изучение влияния гранулометрического состава шихты на прочность брикета при различных давлениях прессования; изучение влияния влажности шихты на прочность брикета при различных давлениях прессования; изучение влияния природы и количества связующего на прочность брикета при различных давлениях прессования.

Для проведения исследований в лабораторных условиях используется имеющийся в распоряжении Института гидравлический пресс с максимальным усилием прессования 40 т, специальная пресс - форма.

Для получения брикетов изготовлена пресс-форма и вкладыши по представленным нами чертежам (рисунок 2.1) в механической мастерской ТОО «Научно-производственное предприятие» «Интеррин». Вкладыши предназначены для изменения формы концевых участков брикетов. Они вставляются в матрицу с размещенной между ними брикетной шихтой перед прессованием. Диаметры вкладышей составляют 50 и 42 мм, высота 40 и 60 мм. Прессование брикетов осуществляли гидравлическим прессом с усилием прессования до 40 тонн. Пресс-форма была рассчитана

на объем шихты не выше 50 г, так как с увеличением объема возрастает количество различных по природе дефектов, снижающих их прочность. В брикетах малого объема и небольшой высоты значительно выше действие сил трения и выше прочность.

С целью определения оптимального состава шихты и проведения испытаний на сжатие с каждым составом изготавливалась по 7 брикетов в соответствии с ГОСТ 21289-75 – ГОСТ 21291-75 «Брикеты угольные. Методы физических испытаний».

Процесс получения брикетов осуществлялся следующим образом: брикетную шихту определенной влажности, гранулометрического состава, со связующими веществами и без них засыпают в матрицу на столе пресса на требуемую высоту, которую измеряют. На шихту в матрице накладывают второй вкладыш, той же формы и на него вставляют поршень. На поршень давят прессом с необходимым усилием и измеряют под прессом штангенциркулем высоту  $H_1$ , на которую углубился поршень в матрицу.

После этого снимают давление пресса, весь комплекс ставят на цилиндр 4 и выталкивают брикет 1 в цилиндр 4. Вынимают брикет из цилиндра и измеряют его высоту  $H_2$ .

Далее производятся следующие расчеты основных параметров процесса прессования:

1) Уплотнение:  $h = H_1 - H_2$

2) коэффициент уплотнения

$K = H_1 / H_2 = y_2 / y_1$ , где  $y_1$  - насыпной вес в пресс-форме, кг/м<sup>3</sup>;

$y_2$  - объемный вес брикета под давлением, кг/м<sup>3</sup>.

Помимо этих показателей при брикетировании из данных полученных по высоте и диаметру брикета, рассчитывается площадь сечения брикета расчетным путем

Через некоторое время полученные брикеты испытываются на сжатие.

При испытании брикетов на сжатие, определяется разрушающая нагрузка и расчетным путем определяется сопротивление сжатию.

$$\sigma_{сж} = P_p / S_{ср}, \quad (5.4)$$

где  $\sigma_{сж}$  – временное сопротивление сжатию брикетов, МПа

$P_p$  – разрушающая усилие, кг/см<sup>2</sup>

$S_{ср}$  – площадь сечения брикетов, см<sup>2</sup>

На основании результатов расчетов определяли оптимальные параметры

### 5.1.4 Подбор связующих и их характеристика

Формирование структуры брикетов со связующими следует рассматривать как один из видов склеивания разобщенных твердых материалов с помощью клеев (адгезивов) [174]. Основу структурообразования составляют самопроизвольные процессы взаимного расположения и взаимосвязи отдельных контактирующих элементов системы. Агрегирование определяет прилипание и склеивание. Прилипание, как начальная ступень процесса склеивания, связано с образованием упорядоченной клеевой пленки на поверхности твердого тела (субстрата). Для прилипания характерно вязкотекучее (иногда жидкое) состояние связующего. Последующие процессы приводят к структурированию (восстановлению) клея до его максимальной прочности. В результате разобщенные твердые частицы, покрытые связующим, объединяются (склеиваются) в брикет.

Прочность любой многофазной системы, образованной в результате прилипания и склеивания адгезива и субстрата, характеризуется адгезией, аутогезией и когезией.

Адгезия характеризует молекулярные взаимодействия, возникающие между поверхностями двух разнородных жидких или твердых тел, приведенных в контакт. Она определяется силами сцепления молекул, находящихся в поверхностном слое соприкасающихся тел (фаз), называемых силами адгезии. На первом этапе адгезионные взаимодействия связаны с эффективным растеканием жидкого клея по поверхности твердого тела, т.е. со смачиванием. Без смачивания склеивание невозможно.

Смачивание представляет собой процесс растекания жидкого адгезива по твердой поверхности за счет действия сил притяжения между молекулами жидкой и твердой фаз. Смачивание связано с адсорбцией жидкого тела на твердой поверхности, т.е. самопроизвольным исчезновением последней и появлением поверхности раздела фаз. Энергетический баланс сил в межфазной зоне можно выразить уравнением [223]

$$E_{\text{см}} = E_{\text{тв}} + E_{\text{ж}} - E_{\text{тв-ж}}, \quad (5.5)$$

где

$E_{\text{см}}$  – энергия смачивания;

$E_{\text{тв}}$  – энергия поверхности субстрата;

$E_{\text{ж}}$  – энергия поверхности адгезива;

$E_{\text{тв-ж}}$  – энергия поверхности раздела субстрат-адгезив.

Смачивание еще не дает основания судить о прочности взаимодействия клея и субстрата. Важно знать интенсивность связей на поверхности раздела двух фаз, где происходит смачивание. В зависимости от характера

взаимодействий между молекулами твердой и жидкой фаз достигается та или иная адгезия .

Величина работы адгезии зависит от природы склеиваемых тел, состояния и формы их поверхности, условий контакта и других факторов. Основное уравнение адгезии имеет вид

$$W_A = \sigma_{\text{ж}} (1 + \cos \theta). \quad (5.6)$$

Адгезия имеет место в системе субстрат-затвердевший адгезив. Энергия адгезии отлична от энергии смачивания жидким адгезивом субстрата.

Адсорбция зависит от содержания в адгезиве соединений, которые даже при небольших концентрациях способны понижать поверхностное натяжение на границе раздела фаз – это поверхностно-активные вещества, которые выступают как главная сила адсорбционных взаимодействий. От их содержания зависит интенсивность адсорбционных процессов.

На адсорбцию влияет активность субстрата. Энергия твердого вещества во многом зависит от расположения молекулярных цепей в поверхностном слое. Наиболее высокий энергетический эффект достигается при расположении целой молекулы перпендикулярно к твердой поверхности по так называемому типу «частокол». Такая ориентация отвечает наименьшему запасу свободной энергии.

Силы адсорбционных притяжений могут быть обусловлены ковалентными, ионными, поляризационными и дисперсионными связями. Возможно одновременное существование нескольких типов адсорбционных связей. Особо прочная адсорбция достигается за счет чисто химических реакций между связующим и субстратом. Усилению хемосорбции способствуют добавки поверхностно-активных веществ. Высокая интенсивность адсорбционных взаимодействий присуща электрическим силам.

Особой категорией для оценки адгезии между связующим и твердым телом является липкость адгезивов. Термин липкость характеризует способность связующих к адгезии при незначительном давлении прилипания. Максимальная липкость у связующих проявляется при переходе из стеклообразного в высокоэластичное состояние.

В зависимости от интенсивности контактов между связующим и твердым телом расслаивание их может характеризоваться следующими типами разрывов: адгезионный разрыв происходит строго по границе раздела фаз; когезионный – разрыв происходит по адгезиву; аутогезионный разрыв происходит в месте слипания твердых частиц, поверхность которых покрыта связующим; смешанный – разрыв происходит с одновременным нарушением объемных фаз и сил сцепления на границе раздела фаз.

Адгезионный разрыв имеет место в случаях, когда силы взаимодействия между адгезивом и субстратом на границе раздела фаз значительно ниже когезионной и аутогезионной прочности. Аутогезионный разрыв возможен в случаях крайне слабой связи между клеящими пленками, покрывшими твердые частицы. Он характерен для сильно отвердевших связующих. Адгезионный и аутогезионный тип разрыва встречаются редко. В тех случаях, когда прочность адгезива невысокая, обычно имеет место когезионный тип разрыва. В большинстве случаев наблюдается наиболее благоприятный смешанный тип разрыва.

В такой сложной системе, как брикет, процессы структурообразования не ограничиваются образованием комплекса адгезив – субстрат. Имеет место контактирование этих комплексов между собой. Прочность последних определяется аутогезией между пленками адгезивов и когезией связующих [175-182].

Аутогезию рассматривают как самослипание двух приведенных в соприкосновение поверхностей одного и того же вещества, препятствующее их разделению по месту контакта. Связь между частицами сыпучих материалов обусловлена силами различной природы, которые можно представить в следующем виде:

$$F_1 = F_M + F_K + F_Э + F_{М.З.} \quad (5.7)$$

Это прежде всего молекулярные (силы Ван-дер-Ваальса  $F_M$ ), силы когезионного взаимодействия ( $F_K$ ), силы электрического взаимодействия ( $F_Э$ ), силы механического зацепления ( $F_{М.З.}$ ) [56]. Слипание однородных тел не всегда приводит к образованию на границе раздела структуры, аналогичной объемной фазе вещества. Необходимым условием аутогезионных взаимодействий является слияние (коалесценция) пленок адгезива. Коалесценция в первоначальный период сопровождается прилипанием за счет обоюдного смачивания контактирующих слоев адгезива. Поверхностное натяжение на границе раздела двух слоев одного и того же адгезива в первоначальный момент будет ниже, чем в объеме, и отвечает условиям уравнения

$$\sigma_{I-II} = \sigma_I - \sigma_{II}, \quad (5.8)$$

где

$\sigma_{I-II}$  – поверхностное натяжение на границе раздела I и II слоев адгезива;  
 $\sigma_I$  и  $\sigma_{II}$  – то же для каждого слоя в отдельности.

Чтобы отделить I слой от II слоя, необходимо затратить работу, равную энергии прилипания двух слоев одного и того же адгезива друг к другу.

Эта работа отвечает начальной аутогезии или аутогезии прилипания. Максимального значения аутогезия достигает со временем. В зоне контакта происходит восстановление структуры адгезива, близкой к объемной. Как правило степень коалесценции не равна единице. Она максимальна у низкомолекулярных связующих. Аутогезия завершается при достижении адгезивом температуры стеклования. К этому моменту замедляются диффузионные и структурообразующие процессы. Энергия аутогезионной связи достигает наибольших значений. При температурах ниже температуры стеклования аутогезионная связь не образуется. Наибольшее влияние на аутогезию оказывают такие факторы, как длительность, температура и давление контакта, вязкость и толщина краевого слоя, природа адгезива.

С увеличением длительности контакта аутогезия растет вначале быстро, затем медленнее, стремясь к когезии адгезива. При повышении температуры аутогезия растет по экспоненциальному закону. Высокая температура интенсифицирует диффузионные процессы. Появляются новые связи. При достижении адгезивом вязкотекучего состояния аутогезионная прочность уже не зависит от температуры. В этих условиях быстро происходит полная коалесценция. Прочность контакта отвечает когезии связующих.

Давление в месте контакта влияет на характер упругих и пластических деформаций. Полнота контакта усиливает аутогезию. Однако резкое увеличение давления приводит к незначительной аутогезии или даже к падению ее из-за снижения подвижности молекулярных цепей.

Прочность аутогезионной связи зависит от вязкости адгезива. Низкая вязкость не обеспечивает хорошей аутогезии. Высокая вязкость сдерживает диффузионные процессы. Вязкость при слипании должна находиться в пределах 10-50 Па · с.

Аутогезия изменяется в зависимости от толщины пленки. В тонких слоях аутогезия высокая. В них молекулы ориентированы друг к другу. Поэтому слипание происходит за счет не только самодиффузии, но и межмолекулярных взаимодействий адсорбционных слоев. В толстых пленках аутогезия невелика, но постоянна. С увеличением молекулярной массы адгезива аутогезия растет.

Прочность клеевого соединения во многом зависит от прочности самого клея, т.е. является функцией когезии. Когезия характеризует интенсивность молекулярных взаимодействий в объеме адгезива и служит критерием оценки прочности связующего. Поскольку когезия обусловлена различными связями, она тесно связана с адгезией. Когезия достигает своего полезного максимума, когда она равна адгезии (условия идеальной когезионной прочности адгезива). На практике когезия связующих ниже

адгезии. Работу адгезии можно сравнить с работой когезии. Обе они характеризуют работу, необходимую для разделения в одном случае адгезива и субстрата (работа адгезии), в другом – столбика адгезива сечением  $1 \text{ см}^2$  на две части. Отсюда, используя известное уравнение работы адгезии, можно получить работу когезии

$$(\theta = 0) W_{\text{к}} = 2\sigma_{\text{ж}} \quad (5.9)$$

На практике когезия всегда отлична от  $2\sigma_{\text{ж}}$ . Важнейшим свойством, определяющим когезию, является сопротивление разрыву. Разрушение адгезива за счет приложения напряжений можно рассматривать как последовательный процесс. Начинается он у опасной трещины, где перенапряжения близки к теоретической прочности. С ростом величины трещины увеличивается среднее напряжение на оставшемся уменьшенном сечении. Появляются новые дефекты. Наконец слияние всех трещин приводит к разрушению образца.

Механическая прочность адгезивов – когезия – зависит, главным образом, от структурно-химических свойств адгезива и внешних нагрузок, приводящих к его статической усталости. Существенное влияние на когезию оказывают температурно-временные факторы, толщина слоя, а также присутствие ПАВ, наполнителей и воды.

Повышение температуры резко снижает когезию связующих. Так рост температуры с  $20$  до  $80^\circ\text{C}$  уменьшает когезию нефтесвязующих примерно в 8 раз. Падение прочности прежде всего связано с энергией тепловых флуктуаций, способствующих разрыву химических связей. С понижением температуры когезия растет, так как усиливаются межмолекулярные взаимодействия внутри адгезива. Когезия максимальна в тонких пленках. Утолщение усиливает ориентационное расположение цепных молекул связующего. Для сдвига двух слоев необходимо затратить повышенную энергию. В толстых пленках, обладающих большой объемной фазой, прочностные свойства внутренних и поверхностных слоев практически равны. Поэтому для внутреннего сдвига требуется меньшая энергия.

Когезию определяют силы внутримолекулярного сцепления, форма и длина молекул, структура адгезива, а также наличие ПАВ. На когезию связующих пагубно сказывается проникновение в пространство между цепными молекулами воды. Заполняя пустоты, вода оказывает расклинивающее действие. Ослабляются силы притяжения между молекулами. Чрезмерная насыщенность пленки адгезива водой может привести к полному ее растворению.

Структурообразующие процессы брикетирования угля со связующими определяются сложными физико-химическими явлениями на границе

раздела твердой и жидкой фаз в момент их объединения. Они во многом зависят от интенсивности уплотнения смеси и условий контактирования твердых частиц, покрытых клеевой пленкой, в период прессования. Формирование структуры брикетов следует рассматривать как склеивание разобщенных твердых материалов связующими. Оно осуществляется в виде отдельных стадий, характерных для любого процесса склеивания. Вначале жидкое связующее наносят на твердые зерна (первый этап). Затем их переводят в вязкотекучее состояние (второй этап). Соединяют комплексы путем прессования (третий этап). Наконец, охлаждением брикетов связующее переводят в твердое состояние (четвертый этап). Каждому этапу структурообразования присущи специфические особенности и предъявляются характерные требования.

Структуру брикетов со связующими можно рассматривать как дисперсную систему, где дисперсионная среда – связующее, а дисперсная фаза – брикетируемый материал. Для такой системы характерны специфические процессы взаимного расположения и взаимосвязи ее отдельных элементов. Базируются они на рассмотренных ранее явлениях адгезии, аутогезии и когезии.

Общая картина механизма структурообразования брикетов со связующими следующая. Процессы адгезионного взаимодействия твердых частиц со связующим приводят к интенсивному их прилипанию. В результате в связующем происходят значительные структурно-химические изменения. В клеевой пленке появляются два слоя: адсорбционный, вязкость, плотность и прочность которого убывают по мере удаления от твердой поверхности; объемный, который по своим свойствам не отличается от исходного связующего.

Дальнейшие процессы структурообразования обусловлены аутогезией [63]. Для нее характерно прилипание контактирующих пленок связующего. В зависимости от того, по какому из полуслоев идет контактирование, достигается та или иная плотность склейки. Преобладание объемного слоя придает структурному каркасу повышенную пластичность, но снижает прочность брикетов. Высокая вязкость адсорбционного слоя способствует энергичной липкости и высокой механической прочности брикета. Однако как бы тщательно ни перемешивалась брикетная смесь, обеспечить равномерное покрытие клеевой пленкой каждого твердого зерна невозможно. В период взаимодействия субстрата и связующих происходит определенная коалесценция твердых зерен вокруг тонкодисперсных частиц связующих. Образуются малопрочные субстрат-связующие комплексы – ССК.

ССК – это первичные структурные образования, в которых дисперсные частицы выполняют роль активного наполнителя, а связующее – роль

дисперсионной прослойки. Чем энергичнее протекает процесс смешения, выше температура, тоньше распылено связующее и мельче полезное ископаемое, тем устойчивее ССК. В зависимости от действия названных факторов образуются различные типы ССК. Если содержание твердого незначительное, основу ССК составляет связующее; прочность такого комплекса целиком определяется когезией связующих. Преобладание ССК подобной структуры приводит к образованию малопрочных брикетов. Чрезмерное наполнение ССК дисперсными частицами также отрицательно сказывается на прочности брикетов: уменьшается число прослоек связующего между отдельными зёрнами вплоть до их исчезновения. Связующее в таком комплексе находится в основном в структурированном виде, объёмный слой очень мал. Рассматриваемые комплексы составляют второй тип ССК. Структуру ССК третьего типа составляют образования, по своим свойствам занимающие промежуточное положение между ССК первого и второго типов. Они дают наиболее высокий эффект упрочения брикетов.

По мере повышения вязкости всей брикетной смеси субстрат-связующие комплексы и отдельные зёрна, покрытые связующим, контактируют между собой. В результате образуются более крупные объединения – вторичные ассоциаты.

Взаимодействия внутри ассоциатов происходят за счёт аутогезионных связей. В начальный момент контакты идут по объёмным слоям. В дальнейшем усиливаются диффузионные процессы. На прочность аутогезии влияют связи, возникающие за счёт механического застревания молекул связующего, переходящих из одного слоя в другой. В зависимости от эффекта наполнения ССК и обволакивания отдельных зёрен связующим внутри вторичных ассоциатов создается различная энергия аутогезии. Если преобладают ССК и крупные зёрна с большим содержанием объёмного слоя связующего, образуются очень большие ассоциаты или даже целый массив. Поверхность их покрывается довольно толстой пленкой высоковязкого и липкого клея. Брикетные низкопрочны и легко слипаются. В случае чрезмерного наполнения комплексов и слабого покрытия связующим крупных зёрен аутогезия также невелика. С повышением вязкости аутогезионная связь между сильноструктурированными оболочками ССК может вообще не возникнуть. В этом случае прессованию будут подвергнуты лишь первичные образования. Для их уплотнения потребуются большие усилия. Возникнут чрезмерно высокие упругие деформации, которые ослабят структурный каркас брикетов. Максимальная аутогезия достигается, когда во вторичных ассоциатах преобладают ССК третьего типа. Для этих ассоциатов характерно образование прочно упакованных структур с минимальным упругим последствием. Брикетные будут максимально прочными.

Для образования брикетов необходимо приложить усилия, которые создают плотную упаковку отдельных угольных зерен, субстрат-связующих комплексов и вторичных ассоциатов. Давление прессования вызывает контактирование по адсорбционным слоям клеевой пленки и высокое внутреннее трение всей системы.

В результате аутогезия образовавшейся новой структуры приближается к когезии адсорбционных структурированных оболочек. Равенство аутогезии и когезии достигается, когда клеевые прослойки близки к толщине одного граничного слоя. К этому времени происходит предельное заполнение пустот объемным связующим, играющим роль упругого демпфера.

В процессе прессования важным фактором, повышающим общую прочность брикетов, является интенсивное внутреннее трение зерен угля. Усиление контактов за счет трения выступающих граней частиц служит источником дополнительной энергии повышения плотности упаковки зерен в брикете. Оптимальная прочность готовых брикетов достигается в процессе их охлаждения, когда когезия связующих приобретает максимальные значения.

Значение гранулометрического состава определяется влиянием суммарной поверхности соприкосновения зерен, количеством и величиной пустот в структурном каркасе брикетов, содержанием остроугольных зерен, рельефом твердой поверхности и наличием пылевидных частиц.

Теоретический принцип подбора смеси частиц различной крупности заключается в создании структурной композиции, отвечающей наиболее плотной упаковке.

Пользуясь гранулометрической характеристикой в логарифмических координатах можно установить наличие закономерности распределения в материале зерен по крупности. Суммарные характеристики крупности описываются уравнением Розина – Ралемлера [293]

$$R = 100 e^{bd^n}, \quad (5.10)$$

где

$R$  – суммарный выход класса крупнее  $d$  (остаток на сите), %;

$d$  – размер отверстий сита, мкм;

$b, n$  – постоянные уравнения (параметры, зависящие от свойств материала и размерности величины  $d$ ).

Используя это уравнение, можно определить зависимость между  $R$  и  $d$ , оптимальный верхний предел крупности, число зерен в любом классе, площадь поверхности зерен, удельную поверхность, что позволит выбрать гранулометрический состав, обеспечивающий наиболее плотную упаковку зерен в смеси.

Важное значение имеет удельная поверхность зерен смеси. Она определяет тонкослоевое распределение и структурируемость связующих, а также количество адсорбционных контактов. С увеличением общей суммарной поверхности растет количество твердых зерен. Чем выше их количество, тем больше активных центров – элементов поверхности, где сосредоточиваются атомы с незанятыми валентностями. Плотность упаковки тесно связана с размером зерен. Большое содержание крупных зерен (более 6 мм) отрицательно сказывается на прочности брикетов. При прессовании такие частицы растрескиваются. Появляются новые поверхности, которые не покрыты связующим. Наличие пылевидных частиц приводит к значительному увеличению поверхности, следовательно, к росту расхода связующих. В то же время оно способствует уплотнению брикетов, происходящему за счет активного заполнения пустот.

На плотность упаковки брикетов существенное влияние оказывает пористость структуры. Как бы тщательно ни были упакованы твердые зерна в брикете, между ними всегда есть поры. Количество и величина пустот сказывается на прочности брикетов. У брикетов из тонкозернистых частиц поры мелкие и в основном заполнены связующим, дефектов в виде пустот мало, прочность велика.

Брикеты с преобладанием крупных зерен имеют большое число дефектов: объемного слоя связующего для заполнения в них пустот не хватает, низка прочность. Для повышения прочности упаковки рекомендуется вводить в брикетную смесь пылевидные частицы, легко проникающие в пустоты. Неровности и шероховатость частиц положительно влияют на механическое заклинивание связующего, повышают прочность брикетов.

Прочность брикетов тем ниже, чем однороднее ситовый состав: однородная смесь не позволяет обеспечить должную плотность упаковки, зерна укладываются со значительным количеством пустот в каркасе. Давление прессования неравномерно распределяется в объеме системы, брикеты легко деформируются.

Температурные воздействия благоприятно сказываются на адсорбционной активности поверхности твердых частиц. Усиливается колебательный процесс поверхностных молекул, что приводит к отщеплению некоторой их части. Образуются реакционноспособные свободные радикалы, активно взаимодействующие между собой и связующим. В результате нагрева достигается тонкослоевое растекание связующих по твердой поверхности и усиливаются связи в их адсорбционных слоях. Недостаточный нагрев частиц полезного ископаемого приводит к тому, что смачивание связующим твердой поверхности почти не наблюдается. Адгезионные связи в этом случае образуются лишь за счет незначительных точечных контактов капелек связующего. Для усиления прочности брикетов при слабом нагреве неизбежно увеличение расхода связующего.

Влага, находящаяся на поверхности минеральных зерен, создает гидратную пленку, толщина которой определяет прочность связи субстрата со связующим. Избыток влаги не позволяет связующим прочно прилипнуть к субстрату, смачивающая способность уменьшается, адгезия падает, механическая прочность брикетов снижается. Находящаяся на поверхности влага при соприкосновении с горячим связующим интенсивно испаряется. Это вызывает охлаждение связующего и ухудшение смачивания. Например, увеличение влажности брикетной смеси с 2,5 до 7,5 % снижает степень покрытия зерен угля нефтесвязующим с 75 до 34 %.

Для снижения вредного влияния поверхностной влаги обычно применяют термическую сушку. Иногда химическую модификацию поверхности частиц осуществляют действием поверхностно-активных добавок. ПАВ химически взаимодействуют с твердой поверхностью. На ней образуются нерастворимые соединения, способствующие прочному сцеплению субстрата со связующим. Наличие поверхностно-активных группировок и активных «центров» на твердой поверхности, благоприятствует адгезионным взаимодействиям. Пористая структура субстрата вызывает протекание диффузионных процессов, дополняя тем самым общую адгезию между субстратом и адгезивом.

Доминирующая роль в формировании структуры брикетов принадлежит связующим. Основными технологическими свойствами связующих следует считать клеящую способность и когезию.

Клеящая способность связующих прежде всего зависит от их поверхностной активности, т.е. содержания соединений неопределенного характера. Наличие активных функциональных групп является надежным источником возникновения прочных адгезионных связей. Особенно эффективна их роль, когда они сосредотачиваются в связующих в количествах по 2-3 %. Такие группировки образуют индивидуальные ПАВ, способствующие активному смачиванию и адсорбции связующих. Характер химических компонентов и наличие индивидуальных ПАВ оказывает значительное влияние на интенсивность внутримолекулярных связей, определяющих когезию связующих. Содержание связующих плотных (твердых) компонентов позволяет повысить когезию. В зависимости от их соотношения с другими составляющими достигается различная структура связующих.

Существенное влияние на процесс структурообразования оказывает температура связующих. Прежде всего это сказывается на дисперсности, смачиваемости, пластичности смеси и механической прочности брикетов.

Тонкослойное растекание связующих тесно связано с дисперсностью как основной предпосылкой для качественного покрытия связующим поверхности брикетируемых зерен. Распыление связующего зависит

от его температуры, которая определяет вязкость, влияющую на время распада и величину образующихся капель. Увеличение вязкости вызывает появление большого количества крупных капель. Наибольший эффект распыления достигается тогда, когда вязкость соответствует вязкости ньютоновской жидкости. Этому состоянию отвечает температура предельно разрушенной структуры. Связующее в таком состоянии под действием аэродинамических усилий, создаваемых в сопле форсунки-распылителя, распадается на мельчайшие капли.

Размер капель имеет важное значение. Крупные капли, хотя и создают более толстые клеевые пленки, имеют в момент контакта большую температуру. Они лучше растекаются по твердой поверхности. Очень мелкие капли быстро охлаждаются и плохо растекаются по поверхности.

Температура связующих способствует повышению пластичности брикетной смеси в процессе прессования. Чем она пластичнее, тем равномернее распределяется давление во всем объеме, эффективнее заполняются пустоты структурного каркаса брикетов объемным слоем связующего. Температура связующих влияет на охлаждение готовых брикетов. Максимальная механическая прочность брикетов достигается при температуре стеклования связующих.

Влага в связующих отрицательно сказывается на структурообразовании. Нагретое связующее энергично поглощает воду, особенно если в нем содержится хотя бы незначительное количество водорастворимых веществ. Вода растворяет соли и образует внутри сферические капельки. Обводненное связующее способно прилипать к твердым зернам. При этом первичные контакты могут быть очень прочными, так как поверхность пленки обычно безводна. Постепенно вода диффундирует из глубины слоя к границе раздела фаз. Достигнув твердой поверхности, она вытесняет пленку связующего. Склеенная система разрушается.

Важную роль в обеспечении эффективного структурообразования брикетов играет толщина клеевой пленки: уменьшение ее увеличивает когезию и адгезию. Наивысшие показатели механической прочности брикетов получаются в том случае, когда обеспечены минимальные толщины клеевых слоев. В тонких клеевых пленках достигается максимальный ориентационный эффект; в них минимальны послеусадочные тангенциальные напряжения, мало дефектов и трещин. Толщина пленки зависит от химической природы, гранулометрического состава и дисперсности, температуры и интенсивности перемешивания связующих и полезного ископаемого. Наличие у связующего индивидуальных ПАВ создает хорошие условия для тонкослоевого растекания по твердой поверхности. Увеличение удельной поверхности зерен и их количества благоприятствует утончению клеевой пленки. Этому же способствует

высокий распыл связующего. Толщина клеевой пленки во многом зависит от вязкости связующих в момент контакта с брикетируемым материалом. Максимальный эффект достигается, когда она близка к вязкости ньютоновской жидкости. Перемешивание создает усиленное трение между клеевыми пленками и твердыми зёрнами, повышая текучесть связующего. Сочетанием энергичного трения и высоких температур при смешении можно обеспечить дополнительное утончение пленки. Толщина пленки зависит и от расхода связующего.

В процессах структурообразования брикетов велика роль давления прессования. С приложением давления прессования рыхлая брикетная смесь превращается в прочный кусковый продукт – брикет. Деформируемость брикетной смеси в период прессования является функцией пластичности. Под пластичностью понимают способность брикетной смеси изменять свою форму под влиянием внешних сил без образования трещин и сохранять полученную форму после прекращения действия этих сил. Пластичность, как проявление подвижности брикетной смеси, характеризует ее с точки зрения прессования. Она охватывает состояние подвижности смеси, внутреннего трения, сцепления, прилипания, упругости и т.д. С увеличением температуры смеси пластичность возрастает. Обеспечивается надежное прессование брикетной смеси.

Уплотнение брикетной смеси аналогично встряхиванию: вначале происходит быстрая усадка, а затем она замедляется и по мере уплотнения смеси приближается к предельной величине. Первыми уплотняются верхние слои, находящиеся ближе к месту давления. Давление прессования распространяется волнообразно, уменьшаясь в глубину брикета. Плотность брикета определяется давлением и временем прессования, сопротивлением смеси деформациям, объемом получаемого брикета, гранулометрическим составом.

Физическая сущность процесса прессования заключается в пластической деформации, в общем случае которая состоит в смещении одной частицы материала относительно другой. Она создает деформирующие усилия и заставляет материал течь, подобно жидкости. Для расчета пластической деформации наиболее приемлемо следующее уравнение [183-189]:

$$F/S - N = \eta(dv/dh), \quad (5.11)$$

где

$F$  – деформирующая сила, Н;

$S$  – поверхность сдвига, на которую она действует, см<sup>2</sup>;

$N$  – предельное напряжение сдвига, Па;

$\eta$  – вязкость, Па · с;

$dv$  – разность скоростей двух частиц материала, находящегося на расстоянии  $dh$  по перпендикуляру к направлению движения;

$dv/dh$  – градиент скорости.

Если скорость роста напряжения велика по сравнению со скоростью остаточной деформации, то деформация отстает от напряжения. Это связано с тем, что между напряжением и внутренним трением не успевает установиться равновесие. В брикетной массе деформация заметно отстает от напряжения. Появляются упругие силы, которые компенсируют разность между напряжением и трением. Эти силы, называемые внутренним напряжением, после снятия внешних усилий вызывают упругое последствие или релаксацию.

В процессе деформации велико значение изменения внутреннего трения. Оно зависит от температуры, интенсивности уплотнения, образования поверхности скольжения и других видов перегруппировки частиц. Чем равномернее распределено давление по поверхности брикета, тем прочнее его структурные связи. Поэтому в брикетах малого объема и небольшой высоты значительно действие сил трения и высока прочность.

С приложением давления прессования происходят внутрискруктурные физико-химические изменения. Сближаются контактирующие частицы и одновременно вытесняется объемный слой связующих во впадины и пустоты каркаса. Степень сближения с повышением внешних усилий возрастает. На прочность брикета положительно влияет увеличение времени прессования.

После снятия давления происходит неравномерное расширение брикета. Разнородные материалы – субстрат и связующие – по-разному воспринимают упругие деформации и неодинаково восстанавливаются.

С целью увеличения пластичности угля, повышения прочности брикетов, снижения усилия прессования их водо-и термоустойчивости, а также улучшения других технологических характеристик используют различные вещества, называемые связующими, которые формируют структуру брикета. Эффективность связующих добавок в большей степени зависит от свойств угля и определяется только экспериментальным путем. Единого научно-обоснованного подхода к выбору добавок и технологических режимов не существует.

В качестве связующих используются неорганические, органические и комбинированные композиции. Связующие вещества должны обладать специфическими свойствами:

- иметь высокую поверхностную активность, максимально смачивать твердую поверхность материала, обеспечивая прочную связь;
- быть устойчивыми к атмосферным осадкам, температуре, действию солнечных лучей, окислению и т.п.;

- не разрушать структуру субстрата в готовом брикете;
- иметь эластические и пластические свойства;
- обладать высокой прочностью, но не быть жестче склеиваемого материала (в противном случае внешняя нагрузка может привести к разрушению соединения из-за неравномерной концентрации напряжений);
- не допускать возникновения в отвердевшем связующем высоких внутренних напряжений, способных к разрушению клеевого соединения;
- иметь высокую скорость отвердения;
- не содержать токсичных летучих соединений;
- содержать достаточное количество спекающихся компонентов, обеспечивающих термическую стойкость брикетов при горении;
- обеспечивать полную теплоустойчивость брикетов при повышенных летних и низких зимних температурах;
- иметь высокую теплоту сгорания и малый выход летучих веществ;
- обладать низкой температурой воспламенения;
- быть недефицитными и дешевыми;
- отличаться стойкостью при хранении, хорошей транспортируемостью.

Важное значение для получения прочных брикетов имеет наличие в макромолекуле связующих соединений неопределенного характера, которые играют роль активных центров внутренней взаимосвязи отдельных химических компонентов.

Важную роль в обеспечении эффективного структурообразования брикетов играет толщина клеевой пленки: уменьшение ее увеличивает когезию и адгезию. Высшие показатели механической прочности брикетов получаются в том случае, когда обеспечены минимальные толщины клеевых слоев. В тонких клеевых пленках достигается максимальный ориентационный эффект; в них минимальны послеосадочные тангенциальные напряжения, мало дефектов и трещин. Толщина пленки зависит от химической природы, дисперсности, температуры и интенсивности перемешивания связующих и угля. Толщина клеевой пленки зависит от вязкости связующих. Перемешивание создает усиленное трение между клеевыми пленками и твердыми зёрнами, повышая текучесть связующего. Толщина пленки зависит от количества связующего.

Наиболее распространенными связующими органического происхождения являются высокомолекулярные соединения, полученные при химической переработке нефти, угля и сланцев. Достаточно широко, в качестве связующего, используются соединения неорганического происхождения (известь, жидкое стекло, цементы, глины, гипс). Известно использование отходов переработки с/х продукции. Угольная поверхность, имеющая отрицательно заряженные участки при контакте с положительными ионами, интенсивно притягивает к себе клеевую пленку связующих за счет межмолекулярных сил.

Анализ известных связующих их физико-химических характеристик, стоимости, дефицитности позволил выбрать несколько видов отходов различных производств для исследования: нефтяной битум, концентрат бардяной жидкий (КБЖ), дефеко – сатурационный осадок (дефекат), рисовую шелуху.

*Нефтяные битумы* это тяжелый остаток от переработки смолистой нефти и представляет собой сложную дисперсную систему – от асфальтенового ядра, ассоциируемого со смолами разного молекулярного веса и химического состава, до масел, являющихся дисперсной средой. В нефтебитумах содержится небольшое количество кислот: карбоновые (нафтеновые) и асфальтогеновые. Они придают связующим поверхностную активность. Примерный групповой химический состав нефтебитумов представлен в таблице 5.5. При температуре окружающей среды нефтебитумы находятся в твердом состоянии, а при температуре 70-75<sup>0</sup>С размягчаются и плавятся при температуре 102-103<sup>0</sup>С. Вязкость при 100<sup>0</sup>С составляет 50-80Па·с, а при 200<sup>0</sup>С -0,5-1,0 Па·с.

Коагуляционная структура нефтебитумов определяется соотношением основных компонентов группового химического состава. Она соответствует структуре аморфных полимеров. Направленно изменять структурную организацию нефтесвязующих можно путем структурно-химической модификации.

Таблица 5.5- Групповой химический состав нефтебитумов

Гетероорганические соединения			Масла				Ас-фаль-тоге-но-вые кис-лоты	Ан-гид-ри-ды асфаль-тоге-новых кислот	Неор-гани-ческие соеди-нения (зола)
Кар-бены, кар-боиды	Ас-фаль-тены	Смолы	Пара-фино-наф-тено-вые угле-водо-роды	Аромати-ческие углево-дороды		Всего			
				легкие и сред-ние	тя-же-лые				
0,1-0,3	20-25	28-80	13,5-19,5	20,1-23,5	8-11	45-50	1,3-1,6	0,1	0,1-0,2

Для битумного нефтесвязующего наиболее характерными соединениями, выступающими в качестве индивидуальных поверхностно-активных веществ, являются асфальтогеновые кислоты и их ангидриды.

Битумное связующее соединяет отдельные угольные частицы при брикетировании сохраняет структурный каркас брикета и в период горения.

Адгезия и аутогезия угольного брикета, обуславливается липкостью связующего и его когезией.

Для получения нефтебитумов, отвечающих требованиям брикетного производства, очень важен выбор сырья. В качестве сырьевых продуктов наиболее целесообразно применять крекинг-остатки, а также асфальты деасфальтизации, экстракты фенольной очистки и др. Крекинг-остатки – это тяжелые продукты переработки мазутов на установках термического крекинга. В химическом отношении они относятся к полициклическим ароматическим углеводородам с высоким содержанием гетероорганических соединений. При хранении быстро окисляются, повышают вязкость, теряют реакционную способность.

*Концентрат бардяной жидкий (КБЖ)* - отход переработки измельченной древесины на сульфатную целлюлозу. Концентрат представляет собой вязкую жидкость с плотностью 1275-1300 кг/м<sup>3</sup>, влажностью 45-48%. Зольность составляет 8-9%, выход летучих веществ 65-70 и теплота сгорания 12000 кДж/кг. Высокая вяжущая способность КБЖ обусловлена наличием кальциевых, натриевых и аммонийных солей лигносульфоновых кислот. Наличие в КБЖ большого количества различных функциональных групп, обладающих повышенной адгезионной активностью, способствует активному закреплению этого связующего на твердой поверхности шихты, вследствие тонкослоевого растекания по поверхности угля с образованием прочных адсорбционных связей.

*Дефекто-сатурационный осадок (дефекат)* является отходом производства сахара, запасы которого в Казахстане исчисляются сотнями миллионов тонн на складах сахарных заводов Казахстана (Чуйский, Боралдайский и др.). В состав дефеката входят пектиновые безазотистые и азотистые органические вещества, углекислый кальций и др. минеральные вещества. Содержание сахара составляет 1,0-2,5%. Дефекат представляет собой коллоидно-дисперсную систему, способную образовывать адсорбционный слой с твердыми частицами силами электростатического притяжения.

*Рисовая шелуха* – отход Кызылординского рисового завода представляет собой упругие эллипсообразные оболочки длиной 6-7 мм и шириной 1,5-2,5 мм, состоящие из клетчатки с большим содержанием кремния (18%) и обладает выраженными упругодеформативными свойствами. Насыпная плотность шелухи 110 кг/м<sup>3</sup> влажность 6%.

Рисовая шелуха (РШ) не является классическим связующим, но ее строение, и шероховатая ворсистая поверхность позволяет предположить возможность использования ее в качестве «арматуры», повышающей прочность брикетов при прессовании, как без связующих, так и в сочетании с другими связующими. Только в Казахстане ее образуются до 50 тыс тонн ежегодно. В настоящее время основное количество идет в отвалы, создавая экологические проблемы в рисосеющих регионах.

На основании анализа вышеперечисленных условий получения прочного брикета разработана методика и проведены лабораторные исследования процесса брикетирования бурого угля месторождения Киякты.

### 5.1.5 Лабораторные исследования и результаты испытания буроугольных брикетов

Исследование брикетируемости угля месторождения Киякты проводили последовательно. В первую очередь исследовали возможность брикетирования воздушно-сухого угля в соответствии с разработанной методикой. Для экспериментов использовали воздушно-сухой уголь, выдержанный в течение длительного времени при комнатной температуре, раздробленный до крупности – 5-1 мм.

Гранулометрический состав угля приведен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Гранулометрический состав угля подготовленного к исследованию

Навеска	Класс крупности, мм						Всего	
	- 5 + 3		-3 + 1		-1			
	г	%	г	%	г	%	г	%
1	99,0	19,8	331,5	66,3	69,5	13,9	500,0	100,0
2	110,0	22,0	362,0	72,4	28,0	5,6	500,0	100,0
3	146,0	29,2	298,0	59,6	56,0	10,2	500,0	100,0
4	107,0	21,4	361,0	72,2	32,0	6,4	500,0	100,0
Среднее	115,5	23,1	338,0	67,6	46,5	9,3	500,0	100,0

Влажность воздушно сухой пробы исходного угля определенная по ГОСТ 27314-91 составляла 14%.

В процессе исследования подбирались оптимальные виды пресс-форм.

С целью определения оптимального состава шихты для проведения испытаний на сжатие с каждым составом изготавливалось по 7 брикетов в соответствии с ГОСТ 21289-75, для того чтобы в процессе испытаний определить среднее значение прочности брикетов.

Усредненный состав угля засыпали в пресс-форму на высоту  $50 \pm 2$  мм. Навеска угля составляла  $50 \pm 5$ г. Нагрузка при прессовании брикетов составляла 12; 15; 18т. Соответственно давление прессования составляло 86,64; 108,30; 129,96 МПа.

Диаметр получаемых брикетов соответствовал внутреннему диаметру матрицы - 42 мм.

В пресс-форму засыпали уголь, замерялась высота, диаметр и площадь сечения. Пресс-форма помещалась под пресс и задавалось усилие прессования. Испытания проводили на 2-х видах вкладышей: усеченного конуса и полусферы. Полученные брикеты представлены на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1- Буроугольные брикеты

В процессе испытаний снимали следующие показатели ( высота, вес, усилие прессования, разрушающая нагрузка временное сопротивление сжатию). В процессе предварительных исследований прессования воздушно-сухого угля были установлены оптимальные давления прессования, которые варьировались от 65 до 130 МПа. Предварительные эксперименты показали, что при меньшем давлении брикеты имеют малую прочность и рассыпаются. Кроме того, была установлена оптимальная форма брикета, а именно усеченной конус.

Таблица 5.7 – Результаты исследования процесса брикетирования воздушно-сухого угля

Усилие прессования, т	№ образца	Высота, мм	Вес, г	Разрушающая нагрузка, кг	Временное сопротивление сжатию кг/см <sup>2</sup>
12т	1	27,0	45,5	620,0	44,76
	2	27,0	45,5	580,0	41,88
	3	27,0	45,5	520,0	37,54
	4	27,0	45,5	570,0	41,16
	5	28,0	48,0	550,0	39,71
	6	28,0	49,5	500,0	36,10
	7	28,0	47,5	500,0	36,10

15т	1	28,5	48,5	580,0	41,88
	2	28,0	47,0	610,0	44,04
	3	30,0	51,0	580,0	41,88
	4	29,5	50,0	600,0	43,32
	5	31,0	52,5	570,0	41,16
	6	31,0	52,5	500,0	36,10
	7	30,0	50,5	550,5	36,10
18т	1	28,5	50,5	500,0	36,10
	2	27,5	48,5	570,0	41,16
	3	28,0	49,5	390,5	28,16
	4	28,5	49,5	480,0	34,66
	5	28,0	49,5	570,0	41,16
	6	28,5	49,5	570,0	41,16
	7	27,5	50,5	525,0	37,91

Далее проведены исследования по получению брикетов из увлажненного угля. Для этого приготовлено из воздушно-сухого угля 3 варианта шихты, в которые было добавлено 5, 15 и 25% воды. Влажную шихту выдержали в течение 3 дней в закрытой емкости с целью выравнивания влажности по всей массе угля. Полученную шихту также засыпали в пресс-форму, помещали под пресс и осуществляли прессование при давлении: 65,0; 86,6; 108,3; 130,0 МПа. Полученные брикеты в количестве 21 шт оставили на хранение при температуре 20-25<sup>0</sup>С для проведения дальнейших испытаний и определения прочности брикетов .

Следующей задачей лабораторных исследований было определение влияния связующих компонентов на прочность брикетов.

С этой целью было подготовлено несколько вариантов шихты с различными связующими (нефтяной битум, концентрат бардяной жидкий, рисовая шелуха, дефеко-сатурационный осадок).

*Шихту с нефтяным битумом* подготовили следующим образом: нефтяной битум марки Б-5 измельчили в охлажденном состоянии до крупности 1 мм и подготовили 3 варианта шихты смешивая его с углем при содержании битума до 2,5; 5,0 и 10 %. Все навески после тщательного перемешивания прогревали при температуре 40-50<sup>0</sup>С в течение 2 часов с целью размягчения битума. Подготовленную таким образом шихту взвешивали и помещали в пресс-форму, описанным ранее способом, измеряли высоту и подвергали прессованию при давлении прессования 65,0-86,6-108,3-130,0 МПа.

Полученные брикеты в количестве 84 шт оставили на хранение для дальнейших испытаний в воздушно-сухой атмосфере при температуре 20-25<sup>0</sup>С.

*Шихту с бардяным концентратом*, представляющим собой густую вязкую жидкость, содержащую до 50 % влаги готовили смешиванием с углем при содержании ее в шихте 2,0; 5,0 и 10%. После тщательного перемешивания и выдерживания в течение 24 часов при температуре 20-25°C, помещали в пресс-форму аналогичным способом предварительно взвесив и замерив высоту массы. Опыт работы по брикетированию угля со связующими показывает, что в этом случае давление прессования может быть несколько меньше, чем без связующих компонентов. В связи с этим давление выдерживали равным 10,83; 21,66; 43,32; 86,64; 108,3; 129,96 МПа.

Полученные брикеты в количестве около 126 штук оставили на хранение в воздушно-сухой атмосфере при температуре 20-25°C для дальнейших испытаний.

*Шихту в состав в которой введен дефеко-сатурационной осадок* в количестве 2,0, 5,0 и 10% готовили в отдельных емкостях и затем помещали в пресс-форму, предварительно взвесив ее и замерив высоту.

Прессование подготовленной шихты проводили при тех же давлениях, что и в присутствии КБЖ. Полученные брикеты в количестве 126 штук, также были оставлены на хранение.

*Шихта с рисовой шелухой* готовилась смешиванием с углем в количестве 2,5%, 5,0 и 10%. Шелуха имеет небольшой вес, а объемная доля ее в шихте во много раз выше чем весовая и визуалью шихта представляет собой рыхлый материал. Однако под давлением брикеты удалось получить. С целью получения более прочных брикетов было принято решение в шихту, содержащую 2,5% рисовой шелухи ввести бардяной концентрат.

Предполагалось, что введение в шихту КБЖ позволит увеличить адгезию между компонентами и соответственно прочность брикетов. Для подтверждения было приготовлено несколько составов шихты с содержанием КБЖ 2,0% и 10%.

Процесс брикетирования осуществляли аналогично предыдущим испытаниями. Наиболее удовлетворительное состояние шихты наблюдалось при содержании рисовой шелухи 2,5% и КБЖ-10%. С этим составом и были проведены исследования по брикетированию при различных усилиях прессования. Полученные брикеты, аналогично были оставлены на хранение и дальнейшее испытание.

Хранение брикетов осуществляли в воздушно-сухой атмосфере при температуре 20-25°C, так как известно, что при хранении брикетов во влажных холодных условиях происходит впитывание влаги и снижение прочности. Напротив при хранении брикетов в течение 2-х месяцев в сухой, жаркой атмосфере прочность их повышается на 9-10 %.

При снятии давления прессования с брикета сжатые капилляры угольной массы стремятся к расширению исследователю, к поглощению

выжатой из них воды. Но так как это вода остается на поверхности угольных зерен адсорбционно-связанной, то происходящее поглощение капиллярами влаги делает водяные пленки на поверхности зерен настолько тонкими, что силы сцепления между угольными частицами возрастают в еще большей степени.

Полученные при различных условиях брикеты были испытаны следующими методами в соответствии с ГОСТ 21289-75 и 21290-75.

*Определение прочности брикетов на сжатие* производится при помощи лабораторного масляного пресса, снабженного манометрическими силоизмерителями. Давление брикету передается штемпелем, имеющим основание, равное половине основания брикета.

После раздавливания семи брикетов испытания считаются законченными. Данные максимальных давлений суммируют и выводят среднее арифметическое их значение. Среднее значение сравнивают с записями максимальных давлений. При отклонении записей максимальных давлений от полученного среднего значения на  $\pm 30\%$  последние исключаются. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение максимального давления из оставшихся данных.

*Определение прочности брикетов на истирание* производится в барабане специальной конструкции в соответствии с ГОСТ 21289-75. Брикеты загружают в барабан и запускают в ход с частотой вращения  $25 \pm 2$  об/мин. После 100 полных оборотов, барабан останавливают и все содержимое просеивают на сите с квадратными отверстиями размером  $25 \times 25$  мм. Прочными считаются брикеты, которые после испытания в барабане имеют остаток на сите 70-75% от веса испытываемой пробы.

*Испытания сбрасыванием* определение механической прочности при испытаниях сбрасыванием производится в специальном приборе, представляющем собой ящик с открывающимся дном и помещают его над металлической плитой на высоте 1,5 м. Открывая запирающие створке дна, брикеты сбрасывают на плиту. Сбрасывание повторяют до 4 раз. Далее куски брикетов собирают, подвергают рассеву. Оставшиеся на сите им брикеты размером 25 мм и более взвешивают и определяют механическую прочность брикетов после испытания их сбрасыванием в %.

*Определение влагоустойчивости брикетов.* Для определения влагоустойчивости брикеты взвешивают и укладывают на металлической сетке в сосуд на расстоянии 30 мм один от другого. На таком же расстоянии брикеты должны находиться на сетке от дна и стенок сосуда. Высота сосуда для испытания принимается равной 15 см.

В сосуд наливают дистиллированную воду с температурой  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  и покрывают его брикеты слоем не менее 30 мм. Брикеты выдерживают под водой в течении 2 час, после чего металлическая сетка с находящимися на

ней брикетами вынимается из сосуда и ставится в пустой сосуд на 2 мин для стока воды, затем брикеты взвешивают и определяют водопоглощение в % по формуле

$$x = \frac{m_1 - m}{m}, \quad (5.12)$$

где m- масса брикетов до испытания;

$m_1$  - масса брикетов после испытания.

Водоустойчивость брикетов можно повысить термообработкой либо применением масляных, мазутных, парафиновых покрытий.

1) Из воздушно-сухого угля брикеты испытывались на прочность. Брикет помещается под пресс и фиксируется давление, при котором наблюдалось разрушение. Результаты по семи брикетам записывали, а затем определялось среднее арифметическое. Записывалось разрушающее усилие, затем исходя из параметров брикета (высота, диаметр) рассчитывалось временное сопротивление сжатию  $\sigma_{сж}^1$  МПа по уравнению 2.1. Результаты испытания брикетов представлены в таблицах 5.8-5.13 и рисунках 5.2-5.6.

Таблица 5.8 – Результаты исследования зависимости прочности брикетов от влажности угля и давления прессования

Влажность угля, %	Давление прессования, МПа	Временное сопротивление сжатию, МПа							
		Номера опытов							Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	7	
5	65,0	2,78	2,75	2,93	2,91	2,89	2,63	3,03	2,84
	86,6	3,16	3,40	3,55	3,36	3,26	3,31	3,44	3,35
	108,3	5,62	5,36	5,61	5,57	5,74	5,46	5,51	5,55
	130,0	6,24	6,54	6,39	6,46	6,65	6,37	6,51	6,45
15	65,0	3,41	4,01	2,98	3,13	2,87	3,17	3,31	3,27
	86,6	5,56	5,11	5,59	6,03	5,56	4,69	4,76	5,32
	108,3	7,73	6,14	5,92	5,56	5,08	6,50	5,70	6,09
	130,0	7,73	7,51	7,65	7,87	6,72	8,30	8,16	7,70
25	65,0	2,53	2,25	2,27	2,37	2,58	2,43	2,19	2,38
	86,6	4,48	4,19	3,75	4,12	3,97	3,61	3,61	3,96
	108,3	4,19	4,40	4,19	4,33	4,12	3,61	3,61	4,06
	130,0	3,61	4,12	2,82	3,47	4,12	4,12	3,79	3,72

Таблица 5.9 - Зависимость прочности брикетов от влажности угля и давления прессования

МПа	65	86,6	108,3	130,0
5	2,84	3,35	5,55	6,45
15	3,27	5,32	6,09	7,70
25	2,38	3,96	4,06	3,72

2) Брикеты полученные из шихты, содержащей связующее. В качестве связующих использовали, как было сказано выше, нефтяной битум (марки Б5-Б6), жидкий бардяной концентрат (КБЖ), дефекто-сатурационный осадок (дефекат) и рисовую шелуху.

Концентрацию связующих изменяли в пределах 2,5 – 10 %.

С учетом предыдущей серии экспериментов для брикетирования использовали воздушно-сухой уголь с влажностью 14 %.

Давление прессования, как и в предыдущей серии опытов, изменяли в пределах 65 – 130 МПа.

С каждым составом шихты изготавливали по 28 брикетов при заданных давлениях прессования и затем проводили испытания на прочность на семи брикетах.

В таблицах 5.10– 5.14 и рисунках 5.3-5.6 приведены результаты экспериментов с различными связующими при различном их содержании и различном давлении прессования.

В таблице 5.10 приведены средние значения прочности брикетов в зависимости от концентрации связующих и давления прессования.

Таблица 5.10 - Прочность брикетов содержащих нефтяной битум

Содержание битума, %	Давление прессования, МПа	Временное сопротивление сжатию, МПа							
		Номера опытов							Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	7	
2,5	65,0	1,70	1,95	1,83	1,89	2,05	1,97	1,81	1,88
	86,6	3,31	3,41	3,21	3,35	3,17	3,40	3,48	3,33
	108,3	4,31	4,21	4,45	4,35	4,27	4,33	4,40	4,31
	130,0	4,53	4,78	4,68	4,63	4,55	4,80	4,61	4,65
5,0	65,0	4,22	4,33	3,86	3,54	3,28	3,47	3,50	3,74
	86,6	3,86	4,40	4,12	4,48	4,75	4,51	4,92	4,43
	108,3	3,68	5,08	4,22	4,73	5,26	4,43	5,83	4,75
	130,0	4,80	5,20	5,05	4,82	5,03	4,99	5,25	5,02
10,0	65,0	3,68	3,75	3,83	3,91	3,70	3,88	3,95	3,81
	86,6	4,80	4,51	4,87	4,68	4,61	4,90	4,75	4,73
	108,3	3,97	4,32	5,38	5,57	4,40	5,85	4,89	4,91
	130,0	4,69	4,80	4,58	4,70	4,81	4,57	4,71	4,69

Таблица 5.11 - Прочность брикетов содержащих КБЖ

Содержание КБЖ, %	Давление прессования, МПа	Временное сопротивление сжатию МПа							
		Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	Среднее значение
2,5	65,0	4,49	4,08	4,40	4,31	4,51	4,22	4,17	4,30
	86,6	5,18	5,30	5,32	5,27	5,31	5,08	5,31	5,25
	108,3	6,33	6,14	6,09	6,21	6,37	6,23	6,03	6,20
	130,0	6,37	6,49	6,62	6,51	6,69	6,45	6,57	6,53
5,0	65,0	4,69	4,12	4,87	4,91	4,47	4,55	4,55	4,59
	86,6	6,32	5,70	7,00	6,35	6,93	6,38	5,71	6,34
	108,3	5,77	7,22	8,38	7,11	7,01	7,21	7,13	7,12
	130,0	6,86	6,50	8,23	7,35	7,04	7,22	7,19	7,20
10,0	65,0	7,80	6,21	5,13	6,35	5,85	5,34	4,40	6,87
	86,6	8,66	7,80	6,86	7,80	7,83	7,69	7,73	7,77
	108,3	7,47	8,66	7,58	8,02	7,81	7,89	7,84	7,90
	130,0	8,68	6,92	6,14	7,34	7,15	7,48	7,03	7,25

Таблица 5.12- Прочность брикетов содержащих дефекат

Содержание дефеката, %	Давление прессования, МПа	Временное сопротивление сжатию, МПа							
		Номера параллельных опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	Среднее значение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,5	65,0	1,33	1,48	1,31	1,43	1,83	1,37	1,51	1,42
	86,6	3,53	3,70	3,81	3,67	3,48	3,59	3,77	3,65
	108,3	5,35	5,41	5,63	5,58	5,55	5,48	5,37	5,49
	130,0	5,98	5,83	6,05	6,17	6,38	6,07	6,21	6,10
5,0	65,0	1,91	1,98	2,02	2,05	1,93	2,01	1,89	1,97
	86,6	3,46	4,98	3,61	3,91	3,87	4,17	4,05	4,02
	108,3	5,63	5,20	5,12	5,15	5,28	5,37	5,49	5,32
	130,0	5,34	5,95	7,65	6,39	6,20	6,23	6,41	6,31
10,0	65,0	1,73	1,62	1,66	1,71	1,59	1,75	1,63	1,67
	86,6	3,72	3,07	3,46	3,39	3,51	3,33	3,45	3,42
	108,3	4,08	5,05	4,47	4,51	4,43	4,61	4,57	4,53
	130,0	3,39	5,20	5,27	3,65	4,41	4,93	5,71	4,68

Таблица 5.13- Прочность брикетов содержащих рисовую шелуху

Содержание рисовой шелухи, %	Давление прессования, МПа	Временное сопротивление сжатию, МПа							
		Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	Среднее значение
2,5	65,0	4,51	4,73	4,77	4,83	4,76	4,85	5,07	4,79
	86,6	6,57	7,65	6,57	7,37	8,05	7,01	8,09	7,33
	108,3	7,68	8,50	7,51	8,07	8,67	7,71	8,49	8,09
	130,0	6,86	9,17	7,94	8,13	8,51	7,25	8,07	7,99
5,0	65,0	3,77	3,88	4,11	3,99	3,91	4,15	4,25	4,01
	86,6	6,79	6,43	6,65	6,75	7,03	6,27	7,13	6,72
	108,3	8,01	7,85	8,17	7,55	7,25	7,69	7,39	7,70
	130,0	7,71	7,91	7,97	7,79	7,73	7,87	7,99	7,85
10,0	65,0	3,30	3,11	3,29	3,33	3,13	3,14	3,25	3,22
	86,6	5,59	5,33	5,57	5,89	5,83	5,31	5,61	5,60
	108,3	6,35	6,39	6,19	6,21	6,29	6,25	6,41	6,30
	130,0	5,81	5,93	6,01	5,89	5,87	5,69	5,87	5,85

Таблица 5.14 - Средние значения прочности брикетов при различных значениях концентрации связующих и давлении прессования

Содержание связующего		Давление прессования, МПа			
		65,0	86,6	108,3	130,0
Битум, %	2,5	1,88	3,33	4,31	4,65
	5,0	3,74	4,43	4,75	5,02
	10,0	3,81	4,73	4,91	4,69
КБЖ, %	2,5	4,3	5,25	6,20	6,53
	5,0	4,59	6,34	7,12	7,20
	10,0	6,87	7,77	7,90	7,25
Дефекат, %	2,5	1,42	3,65	5,49	6,10
	5,0	1,97	4,02	5,32	6,31
	10,0	1,67	3,42	4,53	4,68
Рисовая шелуха, %	2,5	4,79	7,33	8,09	7,99
	5,0	4,01	6,72	7,70	7,85
	10,0	3,22	5,60	6,30	5,85

Таблица 5.15- Прочность брикетов содержащих 10 % КБЖ и 2,5 % рисовой шелухи

Давление прессования, МПа	Временное сопротивление сжатию, МПа							Среднее значение
	Номера опытов							
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
65	7,23	7,19	7,27	7,11	7,04	7,07	7,14	7,15
86,6	8,65	8,83	9,01	8,80	8,93	8,75	8,57	8,79
108,3	9,91	9,77	9,97	9,80	9,71	9,66	9,85	9,81
130	10,91	10,32	10,47	9,93	10,43	10,51	10,37	10,42

Исследование показало, что при этом составе шихты при всех принятых давлениях прессования получены брикеты удовлетворяющие стандартам.

Анализ выполненных экспериментов позволил определить оптимальные составы шихты и усилия прессования, при которых можно получить брикеты из бурого угля месторождения Киякты, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к буроугольным брикетам.

Как следует из вышеизложенного, нами исследовано более 20 вариантов составов шихты и брикетов, полученных при различных усилиях прессования и было выбрано 4 оптимальных варианта, которые приведены ниже.

Вариант 1.

Прессование без связующих:

воздушно-сухой уголь класса 0-5 мм (влажность 10-17%) – 100%  
давление прессования – 105-130 МПа.

При этих условиях получены брикеты прочностью 7,7 МПа.

Вариант 2.

Воздушно-сухой уголь класса 0-5 мм (влажность 10-17%) - 90%;

Концентрат бардяной жидкий (КБЖ) – 10 %.

Давление прессования – 105-110 МПа.

При этих условия получены брикеты прочностью – 7,70; 7,90 МПа.

Вариант 3.

Воздушно-сухой уголь класса 0-5 мм (влажность 10-17%) -95-97,5%;

Рисовая шелуха – 2,5- 5,0 %.

давление прессования – 110-130 МПа.

При этих условия получены брикеты прочностью 7,90 – 8,90 МПа.

Вариант 4.

Воздушно-сухой уголь класса 0-5 мм (влажность 10-17%) -87,5%.

Концентрат бардяной жидкий (КБЖ) -10%.

Рисовая шелуха – 2,5 %.

давление прессования – 110-130 МПа.

брикеты прочностью - 9,8-10,4 МПа.

Таким образом, для исследуемого угля в качестве основного варианта для промышленного использования следует рекомендовать производство брикетов из шихты, содержащей уголь крупностью 0-5 мм при влажности 10-17 % и связующие добавки – КБЖ 10 % и рисовая шелуха 2,5 % при давлении прессования от 110 до 130 МПа.

Однако результаты экспериментов показывают, что в производственных условиях возможно маневрировать с составом шихты в зависимости от наличия или отсутствия каких-либо компонентов и избежать простоя оборудования.

Брикеты, изготовленные при оптимальных технологических параметрах были испытаны на атмосферостойчивость, механическую прочность при истирании, сбрасывании, водопоглощении и теплоту сгорания. Испытания проводились по действующим стандартам ГОСТ 21289-75 - ГОСТ 21291-75. Результаты испытаний приведены в таблице 5.17.

Испытания на атмосферостойчивость показали, что при хранении брикетов в течении 2-3 месяцев разрушения брикетов не наблюдалось. Испытания на водопоглощение показали отрицательный результат – через 1,5 часа все брикеты разрушились. С целью повышения влагостойкости часть брикетов по 2 из каждой партии были покрыты: расплавленным парафином, парафином растворенным в бензине и битумом растворенном в бензине. К сожалению, эти меры не привели к положительному результату.

Таблица 5.16 - Результаты испытаний брикетов, изготовленных при оптимальных параметрах

Параметры изготовления брикетов	Механическая прочность		Атмосферостойчивость	Водопоглощение	Низшая теплота сгорания, МДж/кг
	При истирании, %	При сбрасывании			
Уголь влажностью 15%, давление прессования 130 МПа	78,9	77,9	Устойчив в течении 5 месяцев	Разрушаются	25,03
Уголь влажностью 15 %, КБЖ 10 %, давление прессования 90-110 МПа	85,4	83,8	-«-	-«-	25,21

Уголь влажностью 15 %, рисовая шелуха 2,5 %, давление прессования 110-130 МПа	83,7	81,5	-«-	-«-	25,23
Уголь влажностью 15 %, КБЖ 10 %, рисовая шелуха 2,5 %, давление прессования 110-130 МПа	87,3	86,7	-«-	-«-	26,78

Известные способы повышения водостойкости брикетов – покрытие или пропитка водостойкими составами, пиролиз и т.д. требуют дополнительных затрат и не всегда достаточно эффективны. С целью защиты брикетов от воздействия влаги можно упаковывать брикеты после изготовления в полиэтиленовую тару. Вес отдельной упаковки, в зависимости от требований потребителя, может составлять от 10 до 50 кг.

В заключение можно сказать, что физико-химические свойства угля Кияктинского месторождения не позволяют получить из него водостойкие брикеты. Все параметры за исключением водопоглощения соответствуют требованиям стандартов.

### 5.1.6 Исследование взаимосвязи физико-химических свойств угля с технологическими параметрами

Химическая природа угля оказывает определяющее влияние на процесс структурообразования. Содержание активных функциональных групп влияет на способность углей к склеиванию [190-191].

Бурый уголь Кияктинского месторождения, как было показано ранее относится гумусовым углям. Содержание гумуса достигает 60-70 %, содержание битума 12-14%. Групповой состав органической массы бурого угля представляется следующим:

бурый уголь= битумы+гуминовые кислоты+остаточный уголь.

Гуминовые кислоты представляет собой коллоиды, находящиеся в аморфном состоянии. Они обуславливают вязкость угольной массы. Высокое содержание гуминовых кислот в бурых углях делает возможным получение из них брикетов при меньших давлениях, чем требуется для получения брикетов из углей с малым содержанием этих кислот.

Это положение подтверждается результатами наших исследований: прессование воздушно-сухого угля без связующих может обеспечить прочность брикетов 8-8,5 МПа при давлении прессования 130МПа.

Присутствие в угле битума способствует повышению прочности брикетов. Выходящие из пресса буроугольные брикеты имеют черный цвет и яркий блеск, характерные для битумов. Битумная пленка на поверхности брикета предотвращает разрушающее воздействия влаги, так как она гидрофобна, придает брикету прочность. Кроме того, присутствие битума подтверждает необходимость содержания в составе угольной шихты мелкозернистых и пылевидных частиц, так как чем мельче зерно угля, тем быстрее в нем размягчается битум.

В результате математической обработки результатов экспериментов получены следующие уравнения аппроксимации и зависимости, которые представлены на рисунках 4.1- 4.5.

Математическая обработка дала следующие уравнения аппроксимации.

Для зависимости прочности брикетов ( $\sigma_{сж}$ ) от влажности угля ( $w$ ) при давлении прессования 65 МПа

$$\sigma_{сж1} = -0,0066 w^2 + 0,175 w + 2,13, \quad R^2 = 1; \quad (5.13)$$

при давлении прессования 86,6 МПа

$$\sigma_{сж2} = -0,0165 w^2 + 0,5264 w - 1,1298, \quad R^2 = 1; \quad (5.14)$$

при давлении прессования 108,3 МПа

$$\sigma_{сж3} = -0,0128 w^2 + 0,311 w - 4,3163, \quad R^2 = 1; \quad (5.15)$$

при давлении прессования 130,0 МПа

$$\sigma_{сж4} = -0,0261 w^2 + 0,648 w - 3,8638, \quad R^2 = 1. \quad (5.16)$$

Повышение влажности более 15 % приводит к снижению прочности брикетов практически при всех значениях давления прессования.

Для зависимости прочности брикетов ( $\sigma_{сж}$ ) от давления прессования ( $P$ ): при влажности угля 5 %

$$\Sigma_{сж1} = -5 e - 0,5 P^3 + 0,0145 P^2 - 1,3261 P + 41,207, \quad (5.17)$$

показатель достоверности аппроксимации  $R^2 = 1$ ;

при влажности угля 15 %

$$\sigma_{сж2} = -0,0002 P^2 + 0,1111 P - 2,8433, \quad R^2 = 0,9777; \quad (5.18)$$

при влажности угля 25 %

$$\sigma_{\text{сжз}} = -0,001 P^2 + 0,2221 P - 7,5963, \quad R^2 = 0,964. \quad (5.19)$$

Эксперименты показали, что при влажности угля до 15 % увеличение давления прессования приводит к повышению прочности брикетов. При этом давление прессования, равное тому, какое развивают штемпельные прессы (130 МПа), обеспечивает наибольшую прочность брикетов.

Однако, как следует из хода кривой (2) на рисунке 4.1, при увеличении давления прессования выше 130 МПа, можно ожидать еще большего увеличения прочности брикетов.

Давление прессования выше 130 МПа могут обеспечить кольцевые прессы.

Однако эти прессы громоздки, дорогостоящи, их применение на модульных брикетных установках нецелесообразно.

Поэтому давление прессования при экспериментах ограничились величиной 130 МПа.

На рисунке 5.2 показана поверхность отклика для зависимости прочности брикетов от совместного влияния влажности угля и давления прессования.

На графике отчетливо выделяется область оптимальных параметров брикетирования угля без связующего – влажность угля 10-17 % и давление прессования выше 105 МПа.

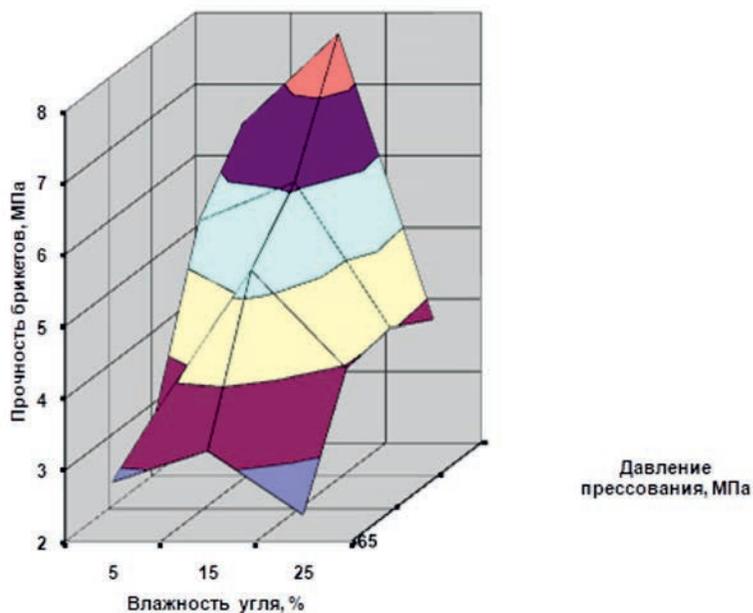


Рисунок 5.2 - Зависимость прочности брикетов от влажности угля и давления прессования

Математическая обработка результатов испытания брикетов со связующими дала следующие уравнения аппроксимации. Для зависимости прочности брикетов ( $\alpha_b$  – содержание битума,  $\sigma_{сж}$  – прочность брикетов) при давлении прессования 65 МПа

$$\sigma_{сж1} = -0,0973 \alpha_b^2 + 1,474 \alpha_b - 1,1967, \quad R^2 = 1; \quad (5.20)$$

при давлении прессования 86,6 МПа

$$\sigma_{сж2} = -0,0507 \alpha_b^2 + 0,82 \alpha_b + 1,5967, \quad R^2 = 1; \quad (5.21)$$

при давлении прессования 108,3 МПа

$$\sigma_{сж3} = -0,0192 \alpha_b^2 + 0,32 \alpha_b + 3,63, \quad R^2 = 1; \quad (5.22)$$

при давлении прессования 130,0 МПа

$$\sigma_{сж4} = -0,0285 \alpha_b^2 + 0,362 \alpha_b + 3,9233, \quad R^2 = 1. \quad (5.23)$$

При использовании в качестве связующего битума наибольшая прочность брикетов лишь немного превышает величину 5 МПа при содержании битума в интервале 5–7 и максимальном давлении прессования (130 МПа).

Поверхность отклика для зависимости прочности брикетов от совместного влияния содержания битума и давления прессования приведена на рисунке 5.3.

Из графика видно, что оптимальное содержание битума равно 5 %. Оптимальное давление прессования составляет 105-130 МПа.

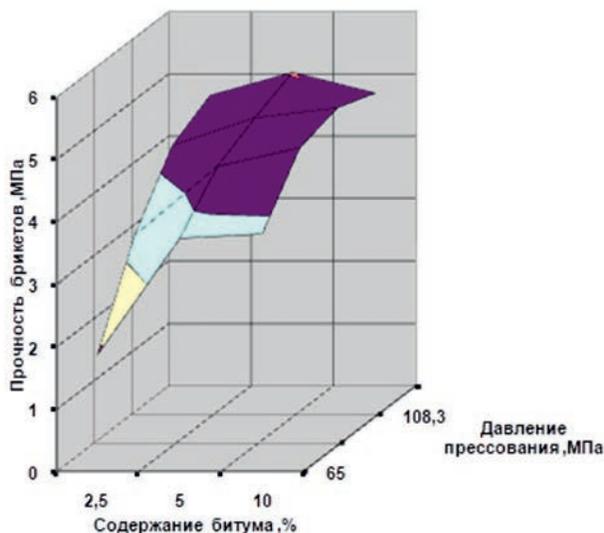


Рисунок 5.3- Зависимость прочности брикетов от содержания битума и давления прессования

Зависимость прочности брикетов от содержания в шихте прессования концентрата бардяного жидкого (КБЖ) и давления прессования приведена на рисунке 5.4.

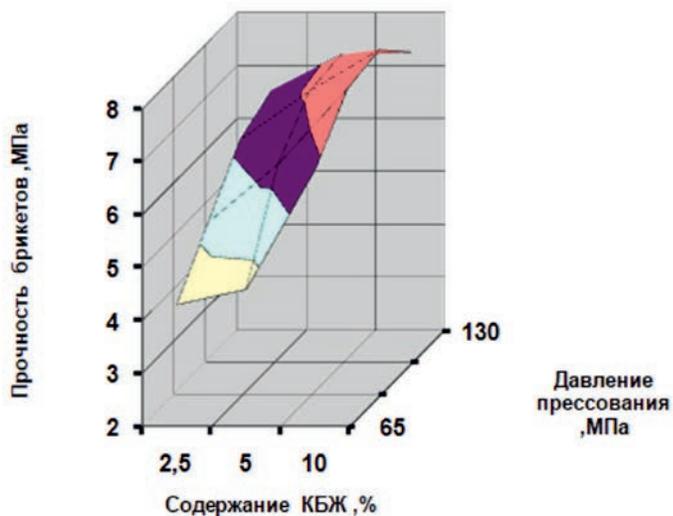


Рисунок 5.4 - Зависимость прочности брикетов от содержания КБЖ и давления прессования

Максимальная прочность брикетов достигает 7,77 и 7,90 МПа при содержании КБЖ 10 % и давлении прессования соответственно 86,6 и 108,3 МПа. При давлении прессования 130 МПа и содержании КБЖ 10 % прочность брикетов снижается до 7,25 МПа. Видимо, избыточное давление в данном случае нарушает адгезионные и когезионные связи между частицами угля. Необходимо также учитывать, что КБЖ содержит до 50 % воды, которая, как показано выше, не способствует повышению прочности брикетов.

На рисунке 5.4. показана поверхность отклика для зависимости прочности брикетов от совместного влияния содержания КБЖ и давления прессования.

График свидетельствует, что оптимальное содержание КБЖ равно 10 %, а давление прессования составляет – 105-130 МПа.

Уравнения аппроксимации ( $\alpha_{КБЖ}$  – содержание КБЖ,  $\sigma_{сж}$  – прочность брикетов)

при давлении прессования 65 МПа

$$\sigma_{сж1} = -0,0453 \alpha_{КБЖ}^2 - 0,224 \alpha_{КБЖ} + 4,5767, \quad R^2 = 1; \quad (5.24)$$

при давлении прессования 86,6 МПа

$$\sigma_{\text{сж}2} = -0,02 \alpha_{\text{КБЖ}}^2 + 0,586 \alpha_{\text{КБЖ}} + 3,91, \quad R^2 = 1; \quad (5.25)$$

при давлении прессования 108,3 МПа

$$\sigma_{\text{сж}3} = -0,0283 \alpha_{\text{КБЖ}}^2 + 0,58 \alpha_{\text{КБЖ}} + 4,9267, \quad R^2 = 1; \quad (5.26)$$

при давлении прессования 130 МПа

$$\sigma_{\text{сж}4} = -0,0344 \alpha_{\text{КБЖ}}^2 + 0,526 \alpha_{\text{КБЖ}} + 5,43, \quad R^2 = 1. \quad (5.27)$$

Результаты экспериментов показывают, что использования в качестве связующего КБЖ обеспечивает большую прочность брикетов, чем применение битума.

Уравнения аппроксимации в данном случае имеют следующий вид ( $\alpha_{\text{деф}}$  – содержание дефеката,  $\sigma_{\text{сж}}$  – прочность брикетов):  
при давлении прессования 65 МПа

$$\sigma_{\text{сж}1} = -0,0373 \alpha_{\text{деф}}^2 + 0,5 \alpha_{\text{деф}} + 4,033, \quad R^2 = 1; \quad (5.28)$$

при давлении прессования 86,6 МПа

$$\sigma_{\text{сж}2} = -0,0357 \alpha_{\text{деф}}^2 + 0,416 \alpha_{\text{деф}} + 2,8333, \quad R^2 = 1; \quad (5.29)$$

при давлении прессования 108,3 МПа

$$\sigma_{\text{сж}3} = -0,012 \alpha_{\text{деф}}^2 + 0,022 \alpha_{\text{деф}} + 5,51, \quad R^2 = 1; \quad (5.30)$$

при давлении прессования 130 МПа

$$\sigma_{\text{сж}4} = -0,0547 \alpha_{\text{деф}}^2 + 0,494 \alpha_{\text{деф}} + 5,2067, \quad R^2 = 1. \quad (5.31)$$

При использовании дефеката в качестве связующего прочность брикетов достигает 6,31 МПа при его содержании в шихте 5 % и давлении прессования 130 МПа. Уменьшение или увеличение содержания дефеката, а также снижение давления прессования приводит к снижению прочности брикетов.

Поскольку, дефекат состоит, в основном из окиси кальция, негорючего вещества. Его применение может повысить зольность брикетов и снизить теплоту сгорания.

Таким образом, использование дефеката в качестве связующего нецелесообразно.

Поверхность отклика для зависимости прочности брикетов от совместного влияния содержания дефеката в шихте и давления прессования приведена на рисунке 5.5

Математическая обработка результатов экспериментов по получению брикетов из бурого угля в присутствии компонента рисовой шелухи, показала зависимость прочности брикетов от содержания шелухи и давления прессования.

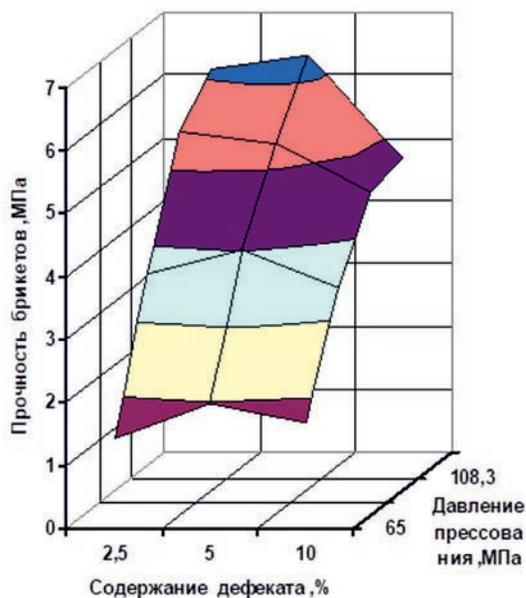


Рисунок 5.5 - Зависимость прочности брикетов от содержания дефеката и давления прессования

Уравнения аппроксимации для этого случая имеют следующий вид:  
при давлении прессования 65 МПа

$$\sigma_{сж1} = 0,0205 \alpha_{р.ш.}^2 - 0,466 \alpha_{р.ш.} + 5,8267, \quad R^2 = 1; \quad (5.32)$$

при давлении прессования 86,6 МПа

$$\sigma_{сж2} = 0,0027 \alpha_{р.ш.}^2 - 0,264 \alpha_{р.ш.} + 7,9733, \quad R^2 = 1; \quad (5.33)$$

при давлении прессования 108,3 МПа

$$\sigma_{сж3} = -0,0165 \alpha_{р.ш.}^2 - 0,032 \alpha_{р.ш.} + 8,2733, \quad R^2 = 1; \quad (5.34)$$

при давлении прессования 130 МПа

$$\sigma_{сж4} = -0,0459 \alpha_{р.ш.}^2 + 0,288 \alpha_{р.ш.} + 7,5567, \quad R^2 = 1. \quad (5.35)$$

На рисунке 5.6 приведена поверхность отклика для зависимости прочности брикетов от совместного влияния содержания рисовой шелухи и давления прессования.

Из графика следует, что оптимальное содержание рисовой шелухи в шихте может составлять 2,5-5 %, а давление прессования 110-130 МПа.

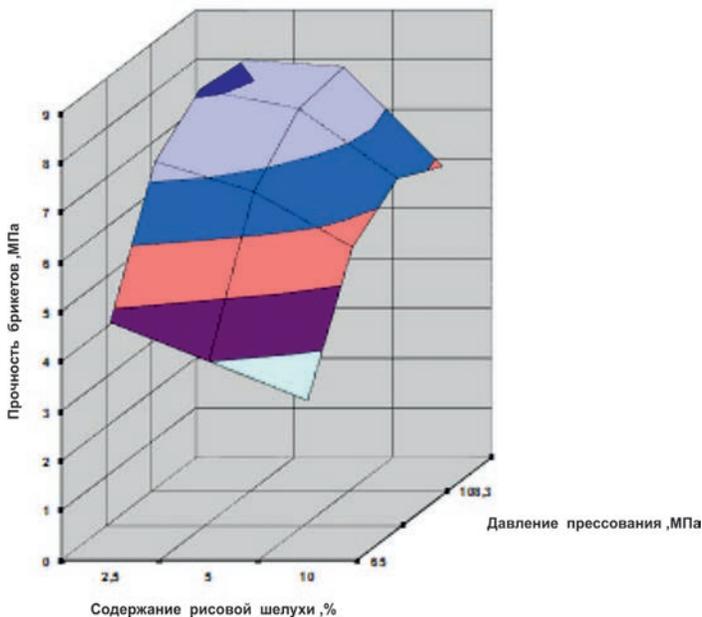


Рисунок 5.6 - Зависимость прочности брикетов от содержания рисовой шелухи и давления прессования

График отражающий зависимость прочности брикетов полученных из шихты содержащей 87,5 % исследуемого угля, 10 % КБЖ и 2,5 % рисовой шелухи, представленный на рисунке 4.5 аппроксимируется уравнением:

$$\sigma_{сж} = -0,0006 P_{р.ш.}^2 + 0,1575P - 0,7457; \quad R^2 = 0,9996.$$

Математическая обработка результатов экспериментов показала зависимость качества брикетов от содержания связующих компонентов и давления прессования, которые определяются физико-химическим составом угля.

### 5.1.7 Проведение укрупненных опытных испытаний по брикетированию некондиционного угля

Для проведения укрупненных испытаний необходимо решить ряд задач: доставить сырье и связующие компоненты, подготовить сырье

к испытаниям. Основными операциями подготовки сырья являются дробление с предварительным или проверочным грохочением, сушка.

1. Сушка угля является весьма важной и ответственной операцией, так как доставленный уголь содержит большое количество влаги, доходящей до 50-58%. Оптимальная остаточная влажность угля после сушки зависит от принятого метода прессования. В бурых углях при прессовании их в штемпельных прессах содержание влаги должно составлять 10-18%, а при прессовании в кольцевых прессах 8-10%.

При сушке необходимо стремиться не только к общему снижению влаги в угле, но и к равномерному распределению остаточной влаги в различных по крупности классах. Брикетты из неравномерно просушенного угля не обладают достаточной прочностью.

2. Исследовать сырье на содержание гуминовых соединений, минеральной составляющей;

3. Определить гранулометрический состав подготовить шихту (4 варианта)

4. Подготовить аппаратуру и механизмы для получения брикеттов и проведения физико-механических испытаний.

5. Выяснить механизм действия и влияния отдельных факторов, определяющих процесс брикетирования.

В соответствии с разработанной программой на месторождении Киякты отобраны пробы бурого угля в различных точках разреза весом по 100-150 кг. Все пробы общим весом 500 кг раздроблены на лабораторной шаровой мельнице до получения материала с крупностью 5-0 мм и просушены на воздухе при температуре 25-30<sup>0</sup>С. Весь материал просеяли на наборе сит и получили основной компонент уголь для составления шихты, который имеет следующий гранулометрический состав: класс крупности % -0-1-9,5 ; 1-3-67,6; 3-5-23,1. Определение влаги воздушно-сухих топлива проводили по ГОСТ 27314-91. Результаты анализа показали, что влажность угля составляет 15 % .

В соответствии с результатами лабораторных исследований в качестве связующих компонентов нами рекомендованы лингосульфат и рисовая шелуха. К испытаниям подготовлен представляющий собой однородную густую жидкостью темно коричневого цвета с следующими техническими показателями: массовая доля сухих веществ, % -47; рН водного раствора-4,4; предел прочности при растяжении- 0,60; массовая доля золы к массе сухих веществ, % -18; вязкость условная с 50-320; плотность, кг/м<sup>3</sup> не менее 1230.

Рисовая шелуха – продукт рисопереработки доставлено из Кызылординской области в количестве 50 кг. Она представляет собой макроскопический продукт, образованный плотно упакованными наночастицами аморфных углерода и диоксида кремния размером 10-

100 нм, равномерно распределенными между собой. Рисовая шелуха подсушена до влажности 5 %.

Укрупненные испытания проводятся на установке, представленной на рисунке 5.7.



Рисунок 5.7- Установка для брикетирования угля

Перед пуском установки проведена подготовка к работе механической части. Особое внимание уделено осмотру питателя, проверено действие смазочного устройства, электродвигателя, охлаждающей системы, формовочного канала.

Обслуживание пресса заключается в наблюдении: за перебойной работой питателя, работой смазочной системы, системы обеспылевания, нагрузкой приводного двигателя, работа электродвигателя.

#### Подготовка шихты

Для проведения укрупненных испытаний подготовлено 4 варианта состава шихты по 20 кг каждого.

1-Вариант: уголь влажностью 15 %; гранулометрический состав – класс 0-1-9,3%, класс -1-3-67,6 %, класс- 3-5-23,1 %;

2-Вариант: уголь влажностью 15 %; гранулометрический состав – класс 0-1-9,3%, класс -1-3-67,6 %, класс- 3-5-23,1 % + 10 % концентрат бардяной жидкий (КБЖ);

3-Вариант: уголь влажностью 15 %; гранулометрический состав – класс 0-1-9,3%, класс -1-3-67,6 %, класс- 3-5-23,1 % + 10 % концентрат бардяной жидкий (КБЖ) + 2,5 % рисовая шелуха;

4-Вариант: уголь влажностью 15 %; гранулометрический состав – класс 0-1-9,3%, класс -1-3-67,6 %, класс- 3-5-23,1 % +2,5 % рисовая шелуха;

Подготовка шихты осуществляется с использованием мельницы Polymix PX-MFC90D и усреднителя ЖКА magic Plant (производства Китай), рисунок 5.8



Рисунок 5.8 – Подготовка шихты

Определение механической прочности брикетов осуществляется по ГОСТ 21289-75. Для определения механической прочности сжатием отбирают 7 брикетов; для испытания на истирание не менее 10 кг брикетов; для испытания сбрасыванием не менее 4 кг брикетов.

Для проведения испытаний брикетов на механическую прочность подготовлено следующее оборудование:

- пресс с гидравлическим приводом и манометрическим силоизмерителем;
- барабан, стальной цилиндрический закрытый для испытания брикетов на истирание;
- сито прямоугольное с сеткой П25-5;
- ящик с открывающимся дном для испытания брикетов сбрасыванием;
- плита металлическая с деревянными бортами;
- весы технические.

Наличие оборудования и его подготовка позволит подтвердить результаты лабораторных исследований, определить оптимальные технологические параметры, разработать технологию получения топливных брикетов из бурых угля месторождения Киякты.

Подготовленную шихту загружали поочередную в бункер установки и получали брикеты различного состава при давлении 360 кг/см<sup>2</sup>.

Все брикеты оставались на хранение в воздушно-сухой среде при температуре 22-25<sup>o</sup>С и влажности воздуха 25-30 %. После завершения работ все брикеты были испытаны на прочность при сжатии, механическую прочность при сбрасывании, при истирании.

Механическую прочность при сжатии ( $\sigma_{сж1}$ ) в кг/ см определяли исходя из соотношения

$$\Sigma_{сж} = \frac{P_{\max} \cdot d^2}{d_1^2}, \quad (5.36)$$

где  $P_{\max}$  – среднее арифметическое значение максимального разрушающего брикеты давления, кг/см<sup>2</sup>, вычисляемое по формуле

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P_{\max}^1}{n}, \quad (5.37)$$

где  $\Sigma P_{\max}^1$  – сумма значений максимальных разрушающих брикеты давлений, кг/см<sup>2</sup>

n- количество испытанных брикетов;

d- диаметр рабочего поршня пресса;

d<sub>1</sub>- диаметр торцевой поверхности цилиндрической вставки.

Механическую прочность брикетов после испытания их в барабане или сбрасыванием ( $\Pi_m$ ) в процентах вычисляли по формуле

$$\Pi_m = \frac{m}{M} \cdot 100, \quad (5.38)$$

где m- масса надрешетного продукта с размерами частиц 25 мм и более, кг; M- масса брикетов, подвергнутых испытанию, кг.

Результаты проведенных испытаний приведены в таблице 5.17

Таблица 5.17– Результаты физико-механических испытаний брикетов из шихты различного состава

Состав шихты	Разрушающая нагрузка, кг	Сопротивление сжатию, кг/см <sup>2</sup>	Механическая прочность при сбрасывании, в %	Механическая прочность при истирании
1-вариант	230,0	16,6	67,9	52,0
2-вариант	663,0	47,8	93,8	75,0
3-вариант	330,0	23,0	80,0	70,0
4-вариант	250,0	18,0	75,0	60,0

Кияктинское месторождение имеет сравнительно небольшие запасы угля. Годовое производство угольных брикетов будет также сравнительно невелико.

Строительство брикетной фабрики по полной классической технологической схеме потребует больших капитальных затрат. Для Кияктинского месторождения целесообразно построить модульную брикетную установку по упрощенной технологической схеме, приведенной на рисунке 5.9.

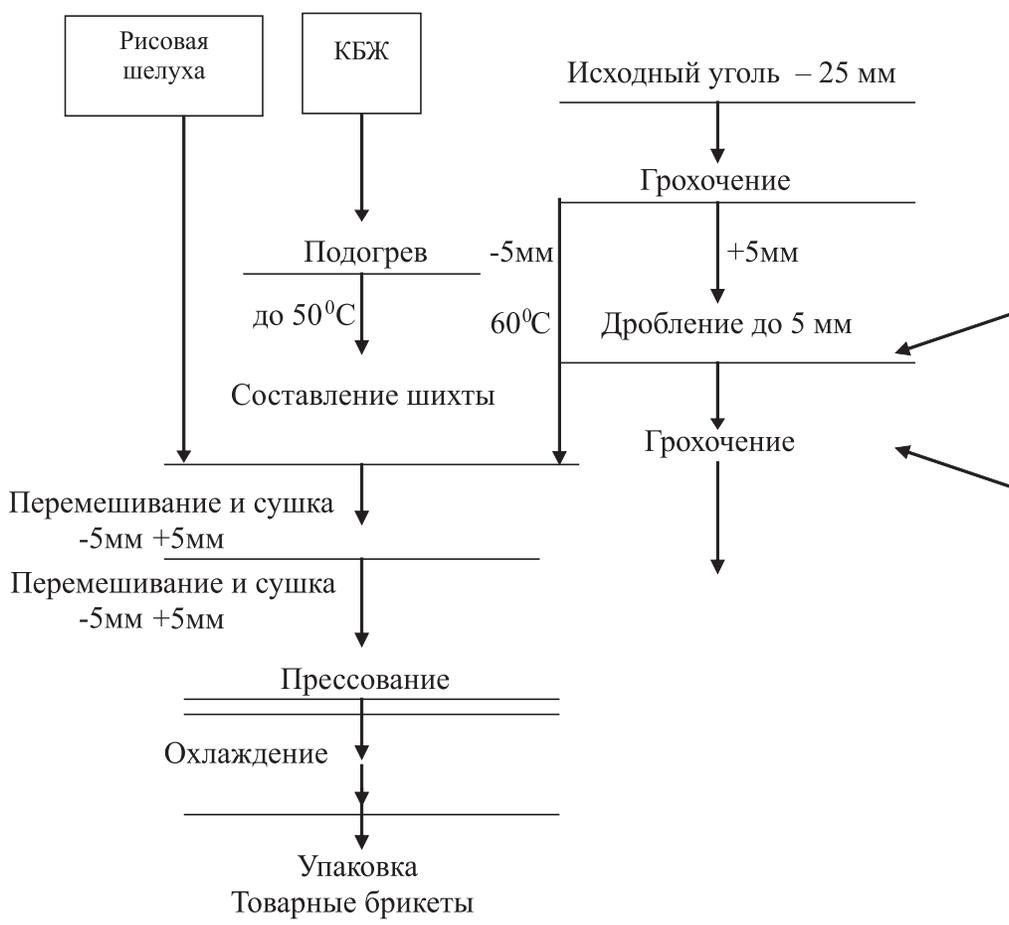


Рисунок 5.9- Технологическая схема брикетирования угля Кияктинского месторождения

Схема предусматривает возможность использования всех четырех вариантов технологических параметров в зависимости от наличия компонентов шихты.

## **5.2 Брикетирования некондиционного угля «Ой-Карагайского» месторождения**

### **5.2.1 Общая характеристика и технологическая привлекательность предлагаемых топливных брикетов**

Потребителей интересуют брикеты, наилучшие по многим критериям, из которых следует выделить основные: прочность, теплотворная способность и водоустойчивость брикетов.

Из опыта производства экспериментальных брикетов и из информации, изложенной в научно-технической литературе, известно, что прочность брикетов зависит от следующих факторов: давление прессования, длительности сжатия при прессовании, влажности, гранулометрического состава, типа связующего, процентного содержания связующего вещества, формы брикетов, величины брикетов, коэффициента уплотнения брикетов, температуры прессования брикетов, а также от способов охлаждения, сушения и упрочнения брикетов после прессования т.е.

Теплотворная способность брикетов зависит от: калорийности угля, калорийности связующего вещества, влажности брикетов, пористости и трещиноватости брикетов.

Водоустойчивость брикетов является обратной величиной, в основе золопоглощающей способности брикетов и зависит от: плотности брикетов, степени гидрофобности поверхности брикетов, влажности брикетов, гранулометрического состава брикетов, типа связующего вещества, температуры брикетов.

При разработке месторождений угля, особенно бурого, в процессе добычи, транспортировки и хранения уголь разрушается до мелкого несортowego угля, образуя отсев угля или штыб с размером частиц до 6-8 мм. Необходимость окускования отсева угля брикетированием диктуется следующими обстоятельствами:

1. большим количеством образующегося отсева (мелкого угля или штыба) -от 20 до 80% от общего добытого угля;
2. потерями мелкого угля при транспортировке (просыпание, выдувание)- до 30%;
3. возможность самовозгорания угля при хранении;
4. большими потерями мелкого угля при слоевом сжигании за счет недожога (до 40% мелкий уголь просыпается через колосники вместе с золой и до 20%/с улетучивается с дымовыми газами);
5. низкая теплота сгорания и атмосферонеустойчивость рядовых углей (сортовых углей с отсевам) снижает их эффективное использование потребителями. Так известно, что коэффициент полезного использования различных видов рядового угля при сжигании в слоевых топках составляет

53-55%, а брикетов гранул или сортовых углей (углей без штыба) — 85-87%, т.е. в 1,5 раза выше;

6. в целях снижения загрязнения окружающей среды угольной мелочью;

7. брикетированное топливо обладает повышенной теплотой сгорания по сравнению с рядовым углем, водо- и атмосфероустойчивостью, имеет удовлетворительную механическую прочность и может перевозиться на большие расстояния;

8. использование брикетов более эстетично чем применение рядового угля что для потребительских товаров является главным факторам успешной реализации;

9. большими потерями отсева (штыба) из рядового угля при добыче, транспортировке, хранении и сжигании - до 25-30% от общего объема рядового угля т.е. на каждые 1 миллион тонн добычи теряется до 250-300 тыс. тонн угля в год.

Основными требованиями, предъявляемыми к брикетам являются: высокая теплотворная способность, механическая и термическая прочность, атмосфероустойчивость и водоустойчивость. Немаловажным, а часто и решающим потребительским качеством является нетоксичность и бездымность брикетов при их сжигании, т.е. в общем экологичность брикетов.

В связи с тем, что ежегодно в большом количестве сокращаются заросли саксаула и загрязняется атмосфера и почва от дымовых газов печей, проблем разработки технологии производства экологичных брикетов является актуальной. Актуальной является также проблема производства прочных брикетов для титанов железнодорожных вагонов, атмосфероустойчивых для печей на отгонных пастбищах, наиболее калорийных для населения и т.д. Другими словами, актуальной является проблема производства экологичных брикетов различного назначения. Физико-механические и химические свойства Ой-Карагайского угля приведены в таблице 5.18.

Таблица 5.18 - Физико-механические и химические свойства углей

Характеристика угля	%	Химический состав		Компоненты	
Марка угля БЗ		SiO <sub>2</sub>	11,3- 26,0;	Битумы	0,65 %
Зольность	20,7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,1- 13,5;	Объемный вес	1,2 т/м <sup>3</sup>
Аналитическая влажность	7,8	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,3 - 20,6;	Удельный вес	1,74 г/см <sup>3</sup>
Низшая теплота сгорания, 3600 ккал/час;		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Атмосферо-стойкостью	Средняя

Выход летучих веществ	27-45	CaO		Самовозгорания	Легковозгораемая
Содержание серы	0,6-1,1	MgO	0,9-2,9;	Кусковатость:	
Содержание углерода	75-83	SO		БК-бурый крупный	50-100 мм; (20 %)
Содержание кислорода	15-37	SiO <sub>2</sub>	11,3-26,0;	БОМ- бурый орех мелкий	13-50мм; (44%)
Содержание водорода	3,0-6,5			БСШ-бурый семечко со штыбом	0-13 мм; (36,1%)
Содержание азота	0,7-1,2				
Содержание гуминовых кислот	80				

Производство из угольной мелочи Ой-Карагайского месторождения топливных брикетов позволит повысить полноту использования запасов месторождения, увеличить реализации товарной продукции на 20-30 %, повысить рентабельность производства. Хотя цена угольных брикетов будет в 1,5 раза выше цены рядового угля, но она на 25-30 % будет ниже Экибастузского, Шубаркульского и Майкубенского углей. В то же время теплота сгорания брикетов на счет высокой плотности, будет на 25-30 % выше теплоты сгорания рядового угля.

Сравнительные испытания брикетов с местными и бентонитовыми глинами и другими связующими веществами показали, что наилучшими брикетами по прочности при сжатии и сбрасывании, по скорости водопоглощения, атмосфероустойчивости, по термической устойчивости и транспортабельности являются брикеты с местной бентонитовой глиной и игловидные хвоинные листья. По калорийности брикеты с местными бентонитовыми глинами практически не отличаются от теплопроводности товарного угля [192].

Преимуществом экологических брикетов с глинами в качестве связующих является простота технологии их производства, дешевизна брикетов, техническая эффективность способа сжигания летучих веществ в одном процессе и возможность ограничения использования саксаульных зарослей для сохранения биоразнообразия аридной зоны Казахстана.

Проблема заключается в разработке оптимальной технологии производства экологических и атмосфероустойчивых брикетов на основе местных глин для конкретных марок угля, например, бурых углей месторождения «Ой-Карагай» в Райымбекском районе Алматинской области. Это месторождение возможно разрабатывать наиболее дешевым открытым способом.

Исхода из изложенного выше, целью исследований является разработка технологии производства экологичных брикетов на основе бурых углей и местных глин, в качестве связующих и одновременно катализаторов интенсивного сжигания летучих веществ.

Для достижения этой цели необходимо решение следующих задач:

1. выбор для брикетирования углей глин конкретных, месторождений;
2. определение оптимального, ингредиентного состава экологичных брикетов;
3. разработка способа подготовки углей и глин для приготовления брикетной шихты;
4. разработка способа смешивания шихты;
5. разработкаспособа прессования ;
6. разработка технологии упрочнения ;
7. разработка способа упаковки ;
8. разработка методики испытаний;
9. проведение испытаний брикетов и анализ их результатов;
10. разработка технических условий для получения сертификата качества набрикеты различного назначения;
11. разработка технологического регламента и технического задания на установку по брикетированию.

Решение поставленных задач позволит приступить к проектированию и строительству брикетной установки на Ой-Карагайском месторождении бурого угля с производительностью 6000 тонн в год.

Предлагаемые технические решения обладают несомненной новизной по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами, так как с местнойглиной брикеты еще не производились.

В результате исследований будут разработаны технологии производства экологичных брикеты ноотдельным процессам, а также общая технология. Будет определен оптимальный состав брикета, состоящий из бурых углей месторождения «Ой-Карагай» местных глин и других ингредиентов, предназначенных для улучшения брикетируемости углей.

Производство брикетов и других видов топлив позволит заменить исчезающиеценные породыкустарниковвказахстанскойстепи. Применение этих брикетов для коммунально-бытовых нужд и технологических целей улучшить экологическую обстановку регионов и снизить на среду антропогенную нагрузку. В этом заключается практическая значимость работы.

## 5.2.2 Факторы, влияющие на процесс брикетирования со связующими

На процесс брикетирования влияют следующие факторы: гранулометрический состав шихты; клеящая способность и когезия связующих веществ; температура; распыление, вязкость и размер капель связующих; толщина клеевой пленки; удельная поверхность частиц шихты; пористость структуры брикетов, разнородность ситового состава частиц шихты; сложность, воздействие ПАВ; давление и время прессования; изменение внутреннего трения в брикете; упругие силы, возрастающие из-за отставания деформации от напряжения; охлаждение, количество и влажность связующих веществ. А также влияют влажность и крупность угля, давление и температура прессования, сушка и охлаждение шихты перед прессованием и брикетов после прессования,

Повышение содержание влаги выше 20%, отрицательно влияет на прочность брикетов. Если содержание влаги снизить ниже 8-10%, то молекулярные силы сцепления угольных частиц брикетов окажутся слабыми.

Высокое давление (для каждого угля свое) приводит к «перепрессовке» угля и брикеты получаются непрочными.

Для повышения прочности брикетов необходимо обеспечить минимальную влагоразность между мелкими и крупными зернами. У окисленного угля влагоразность крупных и мелких зерен незначительная. В них происходит самопроизвольное накопление гумусовой составляющей.

Крупность угля в шихте определяется целевым назначением брикетов. Для брикетов бытового назначения верхний предел крупности должен быть 4-6 мм. а для технологических брикетов - до 2 мм.

Крупность брикетируемого угля влияет на водостойчивость брикетов: Брикеты из мелкого угля более плотны, менее трещиноваты и обладают относительной лучшей водостойчивостью, крупнозернистые брикеты менее водостойчивы.

Фактор прессования является важнейшим для получения прочных брикетов. Основное влияние на характер прессования оказывает структурно-реологические и физико-химические свойства твердой фазы, а также содержание жидкой (водной) фазы и газа (воздуха) [193-196].

При прессовании происходят хрупкие и пластические деформации частиц угля и брикета в целом, которые необратимы, а упругие деформации частично переходят в пластические, упрочняя брикет, частично в упругие, вызывая расширение брикетов и их ослабление (разупрочнение).

Одним из основных факторов, влияющим на прочность брикетов, является давление прессования. Для различных марок, типов и подтипов

бурых углей имеется свой предел давления прессования, выше которого прочность брикетов падает. На процесс прессования влияет длительность воздействия давления и равномерное его распределение в объеме брикетируемой шихты. При малых скоростях нарастания давления и длительном его воздействии увеличивается количество пластических и падает доля упругих деформаций; при очень быстром или мгновенном приложении давления имеют место чрезмерные упругие деформации.

Развитие давления прессования зависит и от температуры сушенки. Увеличение нагрева угля способствует росту пластических деформаций, уменьшению трения между частицами и снижению упругого последствия. Высокие температуры сушенки позволяют брикетировать шихту при более низких давлениях.

Но при высоких температурах происходит сильное обезвоживание мелких классов, которое затрудняет брикетирование угля.

Нагретый сухой уголь не отправляют сразу на прессование, так как выделяющиеся водяные пары, конденсируясь, ухудшают процесс брикетирования. Поэтому перед прессованием сухую шихту охлаждают.

### 5.2.3 Подбор компонентов состава шихты брикетирования

Для экспериментальных исследований по оптимизации технологических параметров брикетирования на Ой-Карагайском месторождении была отобрана представительная проба угля весом 500 кг.

Уголь был измельчен до крупности – 5 мм, гранулометрический состав измельченного угля представлен в таблице 5.19.

Таблица 5.19- Гранулометрический состав измельченного угля для брикетирования

Номер и вес навески, гр.	Класс крупность, мм							всего	
	0-1		1-3		3-5				
	г	%	г	%	г	%	г	%	
1-500	69,5	13,9	331,5	66,3	99,0	19,8	500	100	
2-500	28,0	5,6	362,0	72,4	110,0	22,0	500	100	
3-500	56,0	10,2	298,0	59,6	146,0	29,2	500	100	
4-500	32,0	6,4	361,0	72,2	107,0	21,4	500	100	
В среднем	46,5	9,5	338,0	67,6	115,5	23,1	500	100	

Кроме угля в состав шихты для брикетирования входят связующие вещества и определенное количество влаги.

*Нефтяные битумы* представляют собой остатки после извлечения легких фракций при переработке нефти. Они обладают хорошими

цементирующими и гидрофобными свойствами. Для целей брикетирования углей пригодны только вязкие битумы, получаемые путем окисления малосернистой нефти воздухом или после паровой либо вакуумной ее перегонки.

Дефекто-сатурационный осадок образуется в процессе очистки диффузионно :ока, получаемого при выщелачивании сахара их свеклы, при взаимодействии Сахаров сока с известью и углекислым газом. Состоит он, главным образом, углекислого кальция.

Выход дефеката определяется количеством извести, расходуемой на очист диффузионного сока и составляет порядка 10 % к массе свеклы.

Примерный химический состав дефеката, согласно литературным даннымприведены в таблице 5.20

Таблица 5.20- Химический состав дефеката

Компоненты	Содержание в % на сухое вещество
Сахар	2,0
Пектиновые вещества	1,7
Безазотистые органические вещества	9,5
Азотистые органические вещества	5,9
Углекислый кальций	74,2
Известь в виде солей разных мест	2,8
Прочие минеральные вещества	3,9
В том числе фософрная кислота	Около 1,7
Итого	100,0

Согласно литературным данным азотистые вещества осадка представляю собой, в основном, скоагулированный белок; в безазотистых органически веществах содержатся в виде кальциевых солей щавелевая и лимонная кислота сапонин.

Предварительный химический анализ дефеката Боралдайского и Чуйскогосахарных заводов на содержание сахара показал, что в дефекате Боралдайскогозавода содержание сахара составляет 1,0-2,5 % в период переработки сахарнойсвеклы, а при переработке тростникового сахара-сырца- от 1,0 до 1,5 %.

На Чуйском сахарном заводе содержание сахара в дефекате колеблется; от 0,2 до 1,5 %. Для более полного анализа образцы дефеката были переданыАлматинскую агрохимическую лабораторию. Анализ проводили согласно ГОСТам 26104-84,. 22261-84, и катионно-анионного состава водной вытяжки. Впробах дефеката обнаружено 0,24% общего азота и 0,79% общего фосфора.

При обработке фекалита водой в раствор переходит часть водорастворимых соединений от 0,01 до 0,05% нитратного азота, 0,0012% соединений фосфора (пересчет на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0,45% соединений калия (в пересчет на K<sub>2</sub>O), а также катионы Cl, Ca, Mg, Na, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> и др.

Как следует из результатов анализов в фекалите почти в равных и достаточно больших количествах содержится калий и кальций.

Кроме того, был определен аминокислотный состав фекалита.

Пробу фекалита (600 мг) предварительно подвергли гидролизу соляной кислотой в течение 22 часов при температуре 110°C с pH 6. Определение аминокислот проводили на автоанализаторе аминокислот фирмы ЛКБ (Швеция). Данные приведены в таблице 5.21.

Результаты анализа показывают, что в фекалите в наибольшем количестве содержатся аспарагин и глутамин, которые по данным относятся к легкоусваиваемым аминокислотам.

Таблица 5.21-Аминокислотный состав фекалита

Наименование	МКГ (в 600 мг)	0 (на сырой вес)
Аспарагин	1212,98	0,202
Треонин	132,09	0,002
Серин	246,75	0,041
Глутамин	1149,54	0,192
Пролин	130,75	0,020
Глицин	258,00	0,030
Аланин	177,11	0,030
Валин	168,48	0,028
Изолейцин	313,09	0,052 «
Лейцин	508,28	0,085
Тирозин	211,77	0,035
Фенилаланин	173,29	0,029
Гистидин	203,05	0,034
Лизин	175,20	0,029
Органин	95,70	0,016
Метионин	83,44	0,014

Всего аминокислот в 600 мг фекалита 5350,73 мкг или 833 мг в 100 г фекалита.

Кроме того, как связующий материал, были использованы рисовая и семочки шелухи игольчатые листья хвойных деревьев, они сама по себе не является связующим. Предполагалось, что они может играть роль своего рода «арматуры», повышающей прочность брикетов при прессовании, как без связующих, так и с другими связующими.

#### 5.2.4 Экспериментальные работы по получению различных форм брикетов из некондиционного угля

Технология производства брикетов разрабатывается на основе исследований свойств некондиционного бурого угля марки Б-3. При этом не только выбирается комплект оборудования и последовательность обработки, но и определяются соответствующие режимы. Технологические режимы в значительной мере зависят от свойств шихты, связующих веществ, в данном эксперименте полиэтилентерефталата - отходов производства. Для получения брикетов и определения характеристик угля в лабораторных условиях использовали следующее оборудование: Форму 50 мм. 50мм, состоящую из гидравлического пресса для определения прочности образцов., обеспечивающий приложение усилий прессования до 5 т и позволяющий создавать давление до 30 МПа с целью разрушения и определения прочности образцов. Прочность образцов при разрушении составила, максимальное напряжение, МПа: 0,076; 0,079; 0,570.

Связующие в заданном количестве нагревали до режимной температуры и смешивали в соотношении с нагретым до заданной температуры полиэтилентерефталатом составом 40:60 (ПЭТФ: угольный штыб ).

Полученную смесь загружали в матрицу пресс-формы и качество полученных брикетов оценивали по прочности единичных брикетов, визуально оценивали также качество подготовленной к брикетированию смеси. Прочность на сжатие определяли, раздавливая брикет на прессе после выдержки в течении 10мин. Прочность брикетов после выдержки в течение 10 мин. позволяет прогнозировать уровень их разрушения при дальнейших перегрузках, транспортировании и хранении у потребителей (рисунок 5.10).

Для выполнения научно-исследовательской работы были отобраны проба некондиционного угля весом 200кг, влажностью 3,1% и содержанием органического вещества 23,1%.



Рисунок 5.10 - Внешний вид брикетов

В процессе исследования по получению брикетов из угля месторождения Ой-Карагай было принято решение рассмотреть возможность использования синтетических отходов полиэтилена, полиэтилентерефталата, полипропилена в качестве связующего.

Отходы представляют собой полутвердую вязкую массу, сохраняющую агрегатное состояние при температуре 25-30<sup>0</sup>С. Следовательно, при использовании их в качестве связующего с шихтой однородного состава потребуется разогрев до температуры плавления -120 – 130 <sup>0</sup>С.

Полученную шихту помещали в пресс-форму со связующим ПЭТФ в соотношении 40:60. Как показали экспериментальные работы, сгоревшие образцы не рассыпались, а принимали форму пластины (см.табл.5.22)

Таблица 5.22 – Результаты испытаний брикетов

t, мин	0		10	15	20	25	30	35	40	5	0	5	0
T, <sup>0</sup> С	0	143	252	490	605	787	561	472	406	9	7	99	0

Состав 40:60 (ПЭТФ, пенопропилен, полиэтилен : некондиционный уголь) на скорость горения и температуру горения является оптимальным (рисунок 5.11).



Рисунок 5.11- Горение брикетов из Ой -Карагайских углей с вяжущим полиэтилентерефталатом

ПЭТФ (полиэтилентерефталат, более известный как ПЭТ или лавсан) представляет собой сложный термопластичный полиэфир терефталевой кислоты и этиленгликоля. По физическим свойствам это твёрдое вещество белого цвета без запаха. Полиэтилентерефталат прочный, жёсткий и лёгкий материал. ПЭТФ не ядовит. Физические показатели приведены в таблице 5.23.

Таблица 5.23 -Физические свойства полиэтилентерефталата

Свойство	Единица измерения	Значение
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1360-1400
Разрушающее напряжение при: растяжении	МПа	-
изгибе		50-70
сжатии		80-120
Модуль упругости	ГПа 2,5-3.0	
Относительное удлинение при разрыве	%	2-4
Ударная вязкость	кДж/м <sup>2</sup>	30
Твердость по Бринеллю	МПа	100-120
Водопоглощение за 24 часа	%	0,3
Температура плавления	°С	255-265
Температура размягчения	°С	245-248
Температура стеклования	°С 70-80	
Морозостойкость	°С	-50
Теплостойкость по Мартенсу	°С	135-145
Диэлектрическая проницаемость при 10 <sup>6</sup> Гц		3.1
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10 <sup>6</sup> Гц		(2-8)•10 <sup>-3</sup>
Электрическая прочность	МВ/м	140-180

ПЭТФ обладает хорошей термостойкостью в диапазоне температур от -40°С до +200°С. Небольшое водопоглощение обуславливает высокую стабильность свойств и размеров изделий. Изделия из ПЭТФ устойчивы к удару и растрескиванию, и могут работать при температуре до +70°С. ПЭТФ устойчив к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. ПЭТФ минимально адсорбирует запахи и проявляет свойства хорошего газового барьера.

Таким образом, использование синтетических отходов в качестве связующего при брикетировании угля позволяет увеличить теплоту сгорания угля и в то же время вовлечь в переработку синтетические отходы, занимающие огромные площади и загрязняющие окружающую среду.

Брикеты в представленных пробах исследовались на водостойчивость. Представленные пробы погружались в ёмкость с водой на глубину 1м в течении 24 час. Брикеты абсолютно водостойчивы.

Как альтернатива наполнителя связующего в брикет используется полиэтилен – пластический материал с хорошими диэлектрическими свойствами. Ударостойкий, не ломающийся, с небольшой поглотительной способностью. Физиологически нейтральный, без запаха. Обладает низкой паро и газопроницаемостью. Полиэтилен не реагирует со щелочами любой концентрации, с растворами любых солей, карбоновыми, концентрированной соляной и плавиковой кислотами. Устойчив к спиртам, бензину, воде, овощным сокам, маслу. Разрушается 50%-ной азотной кислотой, а также жидким и газообразным хлором и фтором. Не растворим в органических растворителях и ограниченно набухает в них. Полиэтилен стоек при нагревании в вакууме и атмосфере инертного газа. Но на воздухе разрушается при нагревании уже при 80 °С. Устойчив к низким температурам до –70 °С. Под действием солнечной радиации, особенно ультрафиолетовых лучей, подвергается фотодеструкции (в качестве светостабилизаторов используется сажа, производные бензофенонов). Практически безвреден, из него не выделяются в окружающую среду опасные для здоровья человека вещества.

Полиэтилен легко перерабатывается всеми основными способами переработки пластмасс. Легко подвергается модификации. Посредством хлорирования, сульфирования, бромирования, фторирования ему можно придать каучукоподобные свойства, улучшить теплостойкость, химическую стойкость.

Предлагаемое связующее ПЭТФ обладает хорошей термостойкостью в диапазоне температур от - 40°С до + 200°С. Небольшое водопоглощение обуславливает высокую стабильность свойств и размеров изделий. Изделия из ПЭТФ устойчивы к удару и растрескиванию, и могут работать при температуре до + 70 °С. ПЭТФ устойчив к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. ПЭТФ минимально адсорбирует запахи и проявляет свойства хорошего газового барьера.

Положительные результаты по брикетированию угля были получены в присутствии таких структурообразователей как ПЭТФ, пенопропилен, полиэтилен, что позволяет увеличить прочность брикетов.

В результате определены оптимальные составы при которых можно получать брикеты, удовлетворяющие требованиям как к хранению, так и к транспортировке .

Полученные брикеты были испытаны в процессе горения. Горение брикетов инициировалось наличием полимерных структурообразователей в шихте. Температура горения фиксировалась при помощи пирометра. Брикету придавалась кубическая форма (рисунки 5.12, 5.13).



Рисунок 5.12 - Брикет кубической формы



Рисунок 5.13 -Объемный реактор

Была определена глубина прогорания брикетов в объемном реакторе (рисунок 5.13)

Горючие компоненты представлены в виде синтетических наполнителей и штыба бурого угля. Время и температура горения фиксировались хронометром и оптическим пирометром.

Остатки продуктов горения исследовались на предмет качественного выгорания углеродов методом рентгенофазового анализа.

По результатам исследования рентгенофлюорисцентного анализа (РФА) наблюдается полное выгорание углерода, а также остаток – зола (рисунок 5.14).

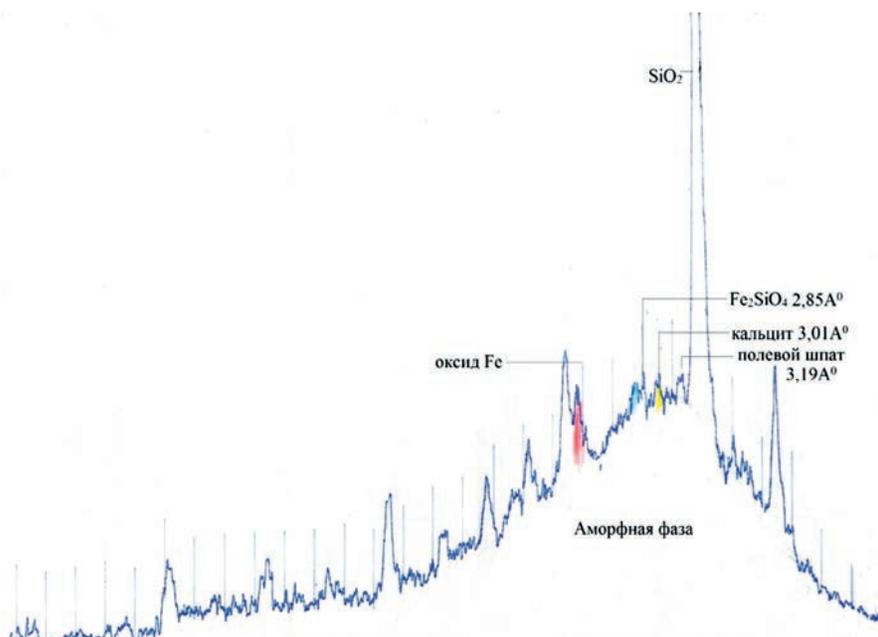


Рисунок 5.14- Результат РФА шлаковых остатков

Обычно при разжигании угля используются дрова. В предлагаемой технологии изготовления брикетов из некондиционного угля с добавкой ПЭТФ дрова исключаются, что говорит о колоссальной экономии дорогостояще древесины. Некоторые породы деревьев, обычно используемых для разжигания угля в печах, приведены в таблице 5.24.

Таблица 5.24 - Температура горения некоторых пород дерева

Порода деревьев	Температура, °C
Береза	816
Сосна	624
Ольха	552
Тополь	458

Нетоксичность брикетов обычно обеспечивается за счет использования при производстве брикетов нетоксичных ингредиентов (отсева угля, связующих веществ, пластификаторов и т.д.), а бездымность – термическим удалением летучих веществ в брикетах, путем изоляции высокомолекулярных органических веществ в брикетах.

На рисунке 5.15 показана изменения температуры горения инициатора брикета от времени, а на рисунке 5.16 техническая реализация инициаторы горения. Схема показанная на рисунке 5.17 отражает последовательности возгорания инициатора.

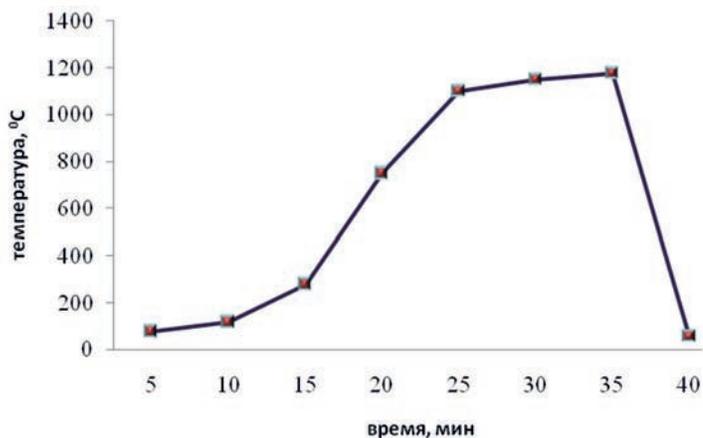
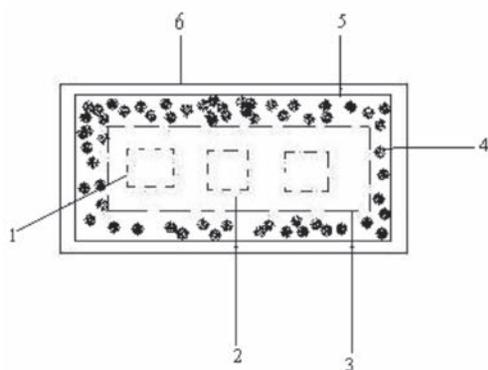


Рисунок 5.15 - График зависимости температуры горения инициатора брикета от времени



1- воздуховоды, 2- жидкая горючая добавка, 3- синтетический сорбент, 4- магний, 5- бумажная оболочка, 6- полиэтиленовая оболочка.

Рисунок 5.16-Технический рисунок инициаторов горения искусственного заменителя дров



Рисунок 5.17-Схема последовательности возгорания инициатора

Были проведены полигонные исследования. В реактор было заложено 10 кг высококачественного бурого угля с месторождения Ой-Карагай и 7 брикетов с синтетическими связующими из угольного штыба различных мелких фракций.

Экспериментальные исследования показали о возможности более эффективного использования самого топливного брикета посредством воздухопроводящих каналов, способствующих увеличению теплоотдачи с продлением времени горения.

Однако с точки зрения экологичности брикетов применения ПЭТФ для сжигания по ГОСТу РК запрещается. Опытные работы с использованием ПЭТФ проведены лишь, как один из вариантов связующих материалов. С целью тогда, когда брикеты не используются как топливо бытовых нужд.

Изготовление угольных брикетов включает смешивание следующих компонентов:

10. угольная пыль - 70%;
11. глина - 15-27%;
12. вода - 3%.

Смесь помещали в пластиковые стаканы цилиндрической формы, сушили при температуре 30<sup>0</sup>С в течение 72 часов. Образцы были подвержены контрольной сушке для ликвидации остаточной влаги в сушильном шкафу в течение 1 часа при температуре 50<sup>0</sup>С. Были изготовлены брикеты без воздушного канала и с воздушным каналом «Стержень» (рисунок 5.18) и с воздушным каналом «Звездочка» (рисунок 5.19).



Рисунок 5.18 - Брикеты без воздушного канала и с каналом в виде стрежня

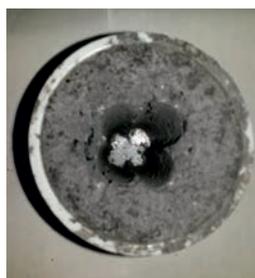


Рисунок 5.19-Угольный брикет с воздушным каналом «Звездочка»

Исследование горения брикетов производили в реакторе. Соблюдалась следующая схема инициирования: газовая горелка → хвойные породы дерева → высококачественный уголь → брикет.

Температура горения измерялась при помощи оптического пирометра. Полученные данные представлены на рисунке 5.20

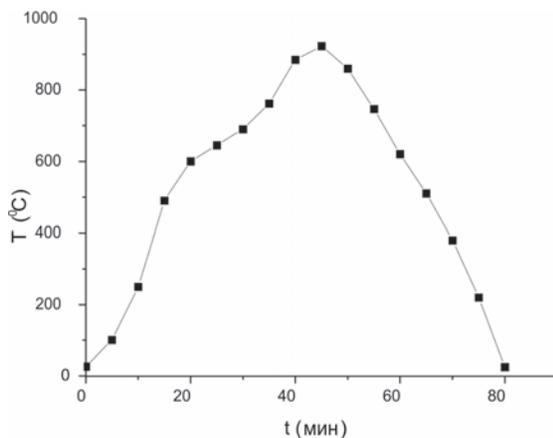


Рисунок 5.20- Зависимость температуры горения брикета без воздушного канала от времени

В результате выяснилось, что время горения составило 80 минут и максимальная температура горения составила 923°С.

Данные горения брикетов с воздушным каналом «Стержень» приведены на рисунке 5.21.

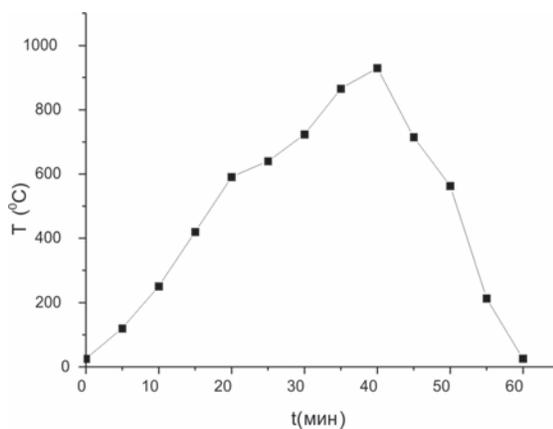


Рисунок 5.21- Зависимость температуры горения брикета от времени с воздушным каналом в форме стержня

Время горения составило 60 минут с максимальной температурой 930°С.

### **5.2.5 Оценка эколого-экономической эффективности технологии брикетирования некондиционного угля месторождения Ой-Карагай**

Эксплуатация месторождения бурого угля, склонного к переизмельчению при добыче и хранении приводит к возникновению эколого-экономических проблем.

Некондиционные отсеvy угля не находят сбыта, переходят в категорию производственных отходов и уменьшают объем товарной продукции, что приводит к снижению экономической эффективности эксплуатации месторождения.

Некондиционные отсеvy угля необходимо складировать в специальные отвалы, постоянно увеличивающиеся по объему и требующие все возрастающих земельных площадей. Законодательством установлена плата за хранение производственных отходов.

Уголь в отвалах под атмосферным воздействием будет дополнительно переизмельчаться, а ветровая эрозия приведет к выбросам в атмосферу угольной пыли, которая будет осаждаться на окружающих землях. Окисление угля приведет к выбросам в атмосферу углекислого газа. Законодательством установлены также штрафы за выбросы загрязнителей в атмосферу.

Таким образом, складирование некондиционного угля приводит к повышению экологической напряженности в районе месторождения и увеличению финансовых потерь за счет уменьшения выхода товарного продукта и затрат на оплату захоронения отходов и штрафов за вредные выбросы.

Поэтому брикетирование некондиционного угля является способом решения возникающих эколого-экономических проблем.

Некондиционный уголь при использовании разработанной технологией переводится в категорию ценного товарного продукта, что приводит к увеличению дохода от реализации.

Использование некондиционного угля для брикетирования позволит сократить затраты на создания складов отходов соответственно дополнительные выбросы в атмосферу. Это приведет к снижению экологической напряженности в регионе.

Блок-схема взаимодействия эколого-экономических элементов при эксплуатации бурого угольного месторождения приведена на рисунке 5.23. При планируемой добыче угля на Кияктинском месторождении 300 тыс т в год и выходе некондиционного класса крупностью -25 мм 35% ежегодный выход некондиционного угля составит 105 тыс т. Для его размещения в отвал высотой до 10м потребуется площадь 12-15 тыс м<sup>2</sup>. Площадь поверхности такого отвала составит 14-18 тыс м<sup>2</sup>.

В процессе хранения угля будут наблюдаться постоянные выбросы углекислого газа, угольной и минеральной пыли [197-200].

Если принять, что за год полностью окислится 20 % заскладированного угля, то ежегодный выброс углекислого газа составит около 57 032 т.

На рисунке 5.22 показана блок-схема взаимодействия эколого-экономических параметров при производстве брикетов из некондиционных отсевов угля Ой-Карагайского месторождения.

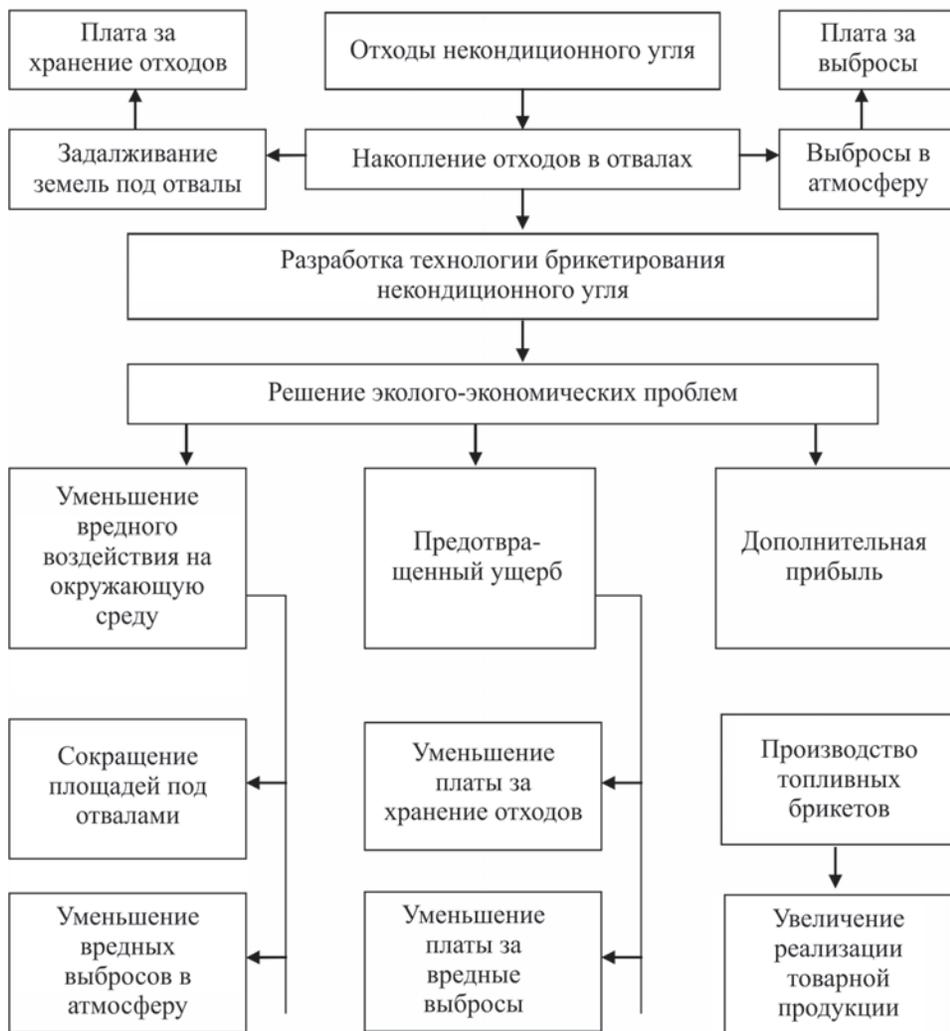


Рисунок 5.22-Блок-схема взаимодействия эколого-экономических элементов при использовании некондиционных отсевов угля для производства топливных брикетов

По литературным данным вынос пыли из карьеров составляет около 1,58 т с 1 га в год; с породных отвалов около 1 т, с пляжей хвостохранилищ около 3,51 т с 1 га в год.

Угольная пыль по гранулометрическому составу ближе всего к материалу хвостохранилищ. Кроме того, удельный вес угля значительно ниже. Поэтому можно ожидать, что вынос угольной пыли с отвала может достигать 3,5-4,0 т с 1 га в год.

Оплата за выбросы производится за условную массу, приведенную к окиси углерода.

Утвержденная областным акиматом плата за хранение отходов составляет 7,5 тенге за 1 т в год; плата за выбросы в атмосферу составляет 175,0 тенге за 1 условную тонну в год.

Общая сумма и размер выплат предприятия приведены в таблицах 5.25 и 5.26.

Таблица 5.25- Приведенная годовая масса выбросов в атмосферу

<i>Наименование загрязняющих веществ</i>	<i>Фактическая масса, т</i>	<i>Показатель относительной агрессивности</i>	<i>Приведенная масса условных тонн</i>
Окись углерода	57 032	1	57 032
Угольная пыль	7,2	40	288,0
Итого			57 320

Таблица 5.26- Размер выплат за нанесение экономического ущерба

<i>Вид экологических выплат</i>	<i>Количество оплачиваемых загрязнений, т</i>	<i>Ставка выплат за 1 т, тенге</i>	<i>Сумма, тыс тенге</i>
Плата за хранение отходов	105000,0	7,50	787,500
Плата за выбросы в атмосферу	57 320	175,00	10 031,000
Итого			10 818,500

Использование технологии брикетирования некондиционного угля позволит полностью избежать экологических выплат и кроме того получить прибыль от дополнительно производимой товарной продукции – брикетов.

Экономический эффект от использования технологии брикетирования на стадии до обложения налогами будет составлять:

$$\Theta_{\text{бр}} = \sum Y + (D_{\text{бр}} - Z_{\text{бр}}), \quad (5.39)$$

где  $Y$  – платежи в фонд охраны природы;

$D_{\text{бр}}$  – доход от реализации брикетов;

$Z_{\text{бр}}$  – затраты на производство брикетов.

При объеме добычи угля 300 тыс т и выходе некондиционного угля 35 % количество угля, направляемое на производство брикетов составит 105 тыс т.

Затраты на производство в расчете на 1 т брикетов согласно проектным данным приведены в таблице 5.27 .

Сумма выплат в фонд охраны природы приведена в таблицах 5.27 и 5.28 Доход от реализации брикетов составит

$$D_{\text{бр}} = V_{\text{бр}} \cdot C_{\text{бр}},$$

где  $V_{\text{бр}}$  – годовой объем производства брикетов, т;

$C_{\text{бр}}$  – отпускная цена 1 т брикетов, тенге.

Таблица 5.27- Затраты на производство брикетов

<i>Статьи затрат</i>	<i>Сумма на 1 т брикетов, тенге</i>
Материалы	623,00
Энергия, вода	525,00
Заработная плата	117,60
Социальный налог	25,20
Амортизация оборудования, зданий, сооружений	285,60
Итого	1 576,40

Годовой объем производства брикетов  $V_{\text{бр}}$  с учетом того, что количество угля в шихте прессования может составлять 87 %, может достигать 120 тыс т.

Отпускная цена брикетов принята на основе затрат на их производство с учетом уровня рентабельности 15 %,

$$C_{\text{бр}} = 2856 \text{ тенге/т.}$$

Годовые затраты на производство брикетов составят

$$Z_{\text{бр}} = V_{\text{бр}} \cdot C_{\text{бр}},$$

где  $C_{\text{бр}}$  – удельные затраты на производство 1 т брикетов.

Если брикетная установка будет состоять их четырех модулей, то объем производства брикетов может изменяться, в зависимости от числа работающих модулей, от 30 до 120 тыс т в год.

Соответственно этому будут меняться и сумма предотвращенного ущерба и прибыли от реализации производимых брикетов.

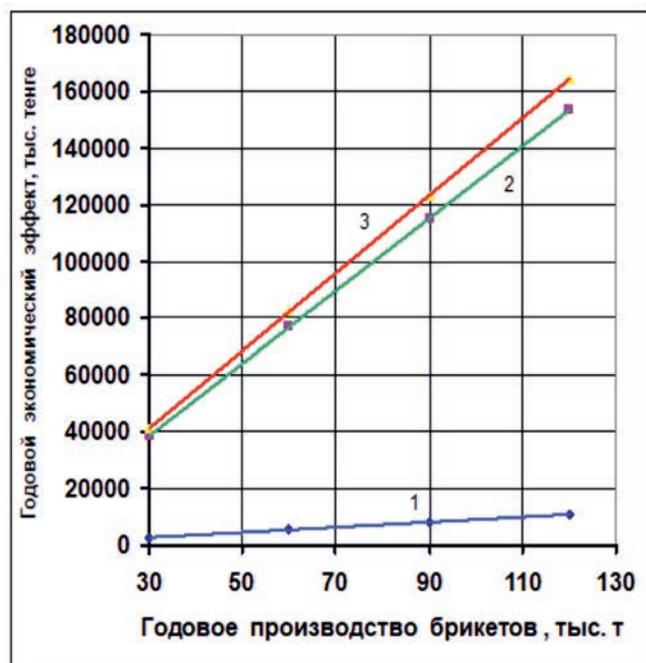
В таблице 5.28 приведен расчетный экономический эффект, который может быть получен при различных объемах производства брикетов.

Таблица 5.28 - Величина экономического эффекта при различных объемах производства брикетов

<i>Годовое производство брикетов, тыс т</i>	<i>Предотвращенный ущерб, тыс тенге</i>	<i>Прибыль от реализации брикетов, тыс тенге</i>	<i>Общий экономический эффект, тыс тенге</i>
30,0	2 704,62	38 388,00	41 092,62
60,0	5 409,25	76 766,00	82 174,25
90,0	8 113,88	115 164,00	123 277,87
120,0	10 818,50	153 552,00	164 370,50

Зависимость экономического эффекта от объема производства брикетов показана на рисунке 5.23.

Как следует из приведенных данных, расчетный экономический эффект от внедрения разработанной технологии брикетирования некондиционного угля может составлять, в зависимости от объема производства брикетов, от 38,61 до 154,43 млн тенге в год.



1 – предотвращенный ущерб; 2 – дополнительный доход от реализации брикетов; 3 – общий экономический эффект.

Рисунок 5.23-  
Зависимость экономического эффекта от годового производства брикетов.

## ВЫВОДЫ

Анализ запасов бурых углей на месторождения Киякты и его основные характеристики предопределили направление исследований и показали целесообразность разработки технологии брикетирования с использованием некондиционного угля, содержащих до 69% гуминовых кислот.

На основании полученных данных разработана методика подбора состава шихты, проведен анализ связующих компонентов. Проведены лабораторные исследования по окомкованию некондиционного бурого угля и определены физико-механические свойства полученных брикетов.

В результате математической обработки выявлена взаимосвязь физико-химических свойств угля и технологическими параметрами брикетирования. Разработаны 6 вариантов шихты и установлены технологические параметры брикетирования, удовлетворяющие предъявляемым требованиям к брикетному топливу.

Для подтверждения результатов лабораторных исследований проведены укрупненные испытания разработанных условий брикетирования некондиционного угля. Укрупненные испытания разработанных вариантов брикетирования некондиционного бурого угля класса 0-5 мм с влажностью 10-17% подтвердили результаты лабораторных исследований. Результаты укрупненных испытаний убедительно показали возможность брикетирования некондиционного бурого угля месторождения Киякты с использованием связующих компонентов (концентрата бардяного жидкого и рисовой шелухи) и без связующих при давлении прессования 105-130 МПа. Брикеты полученные из шихты оптимального состава имеют прочность 7,7-10,4 МПа.

Разработана технологическая схема брикетирования угля, подобрано оборудование и предложена схема цепи аппаратов.

Анализ качественных характеристик бурых углей на месторождения Ой-Карагай показал, что до 40% их общей массы составляют некондиционные отсеvy (5-25 мм), непригодные для реализации в качестве топлива. Для повышения экономической эффективности эксплуатации месторождения, целесообразно организовать производство угольных брикетов из этих отсевов.

Нетоксичность брикетов обычно обеспечивается за счет использования при производстве брикетов нетоксичных ингредиентов (отсева угля, связующих веществ, пластификаторов и т.д.), а бездымность – термическим удалением летучих веществ в брикетах, путем изоляции высокомолекулярных органических веществ в брикетах.

С точки зрения изготовления брикетов с применением полиэтилен-терефталата (ПЭТФ) для сжигания запрещается нормативными документами РК. Опытные исследование по использованию ПЭТФ проведены лишь, как один из вариантов связующих материалов, когда брикеты не используются как топливо для бытовых нужд.

Выполнены лабораторные эксперименты по оптимизации технологических параметров брикетирования некондиционного угля. Брикетирование производили как без связующих веществ при различной влажности угля, так и со связующими: нефтяной битум, щелуха подсолнуха, высушенные елочные иглы и бентонитовая глина.

Получены данные максимальной прочности брикета, которые составили от 0, 079 МПа до 0, 579 Мпа и определены скорости горения в зависимости от процентного содержания угля и ПЭТФ.

Разработаны инициаторы горения бурого угля угольного штыба заменителей дров, при разжигании улей. Также исследованы зависимости горения от формы воздушных каналов («Стержень» и «Звездочка»). Наилучшими показателями по температуре 942<sup>0</sup>С и времени горения 50 минут обладают брикеты с воздушным каналом «Звездочка».

Проведен технико-экономический расчет, который показал, что от внедрения разработанной технологии брикетирования некондиционного угля Ой-Карагайского месторождения прибыль составит до 154 млн тенге в год.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техногенные минеральные образования предприятий горно-промышленного производства, возможности их использования и геолого-экономическая характеристика (Техногенные месторождения полезных ископаемых). - Алматы, 2005. - 103с.
2. Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана. Справочник.- Алматы, 2000. - 122 с.
3. Кадастр ресурсов и перспективы комплексного использования отходов производства цветной металлургии Казахстана. - Алма-Ата: Наука,1987. - Ч.1,-78 с.; Ч. 2-186 с.
4. Кадастр ресурсов и перспективы комплексного использования руд и отходов черной металлургии Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1989. - Ч.1, – 176 с; Ч.2,-216 с.
5. Груздев К.И., Усов Э.Н., Бузинская Н.В. Использование вскрышных пород в Казахской ССР. - Алма-ата: КазНИИТИ, 1990. - 61с.
6. Паримбетов Б.П. Строительные материалы из минеральных отходов промышленности. - М.: Стройиздат, 1978. - 137с.
7. Арестова М.В., Куатбаев К.К., Чернякова С.М. О перспективах использования отходов обогащения сульфидных руд // КИМС. – 1981. - №10. - С.67-69.
8. Нагибин В.К. Комплексно – значит эффективно // Народное хозяйство Казахстана. – 1980. - №9. - С.31-35.
9. Уманец В.Н., Мальченко Ю.И., Оленин В.В. и др. Комплексное использование отходов предприятий цветной металлургии Казахстана. - М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1988. - 52с.
10. Ушаков Н. Н. Вклад ВНИИцветмета в развитие и совершенствование производства свинца и цинка в горно-металлургическом комплексе Республики Казахстан // Комплексное использование минерального сырья. - 1995. - № 6 - С.3 - 11.
11. Кушакова Л.Б., Борцов В.Д. и др. Исследование и разработка безотходных технологий переработки отходов горно-обогатительного комплекса//«Отходы: пути минимизации и предотвращения» (сб. докладов) под ред. член- корр. НАН РК, д.т.н. А.А. Жарменова.- Алматы.- 2002. - С. 12 - 13.
12. Борисович В. Т., Чайников В. В. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений (Итоги науки и техники). - Москва, 1991. - Т.15. - 137с.
13. Техногенные месторождения (Обзорная статья) на сайте НПП «Гравитон»: <http://www.gravicon.com.ua>.

14. Moniton toilings studly // Mining Mag. - 1989. - 160, № 8. - p. 23-28.
15. Falkie T. V. The bureau of mines mineral availability system and resource classification manual // «Inform. Cir. 8654», 37 p.
16. The Minerals Source. «U. S. Vereau of Mines», - 1987, 74 p.
17. Снурников А.П. Комплексное использование минеральных ресурсов в цветной металлургии. - М.: Металлургия, 1986. - 384с.
18. Азизов Г.М., Власов В.И. Бассейны и месторождения углей и горючих сланцев Казахстана: Справочник. – Алматы, 1966.- 116 с.
19. Елишевич А.Т. Брикетирование полезных ископаемых. Киев. – Одесса: Лыбидь, 1990.- 296 с.
20. Рассказова А.В., Александрова Т.Н. Технические и экологические аспекты производства угольных брикетов//Горн.инф.анал.бюл.2013. вып.4.- С.209-215.
21. Канахин А.Каждый мнит себя стратегом видя бой со стороны // Деловое обозрение «Республика», № 26 (93), 05.07.2001.
22. ПатRU № 2486232. Способ получения топливных брикетов// Пинсин В.В., Прошкин А.В., Нагибин Г.Е. и др. опубл.27.06.2013.Бюл.№ 18
23. ПатRU № 2486232. Способ получения топливных брикетов// Пинсин В.В., Прошкин А.В., Нагибин Г.Е. и др. опубл.27.01.2013. Бюл.№ 3.
24. ПатRU № 2455345. Способ брикетирования буроугольного сырья; опубл.10.07.2012.
25. ПатRU № 8584. Способ брикетирования буроугольного сырья; 17.02.2012.
26. ПП KZ № 11997. Способ получения топливного брикета// Тойганбаева Е.А., Джиенбаев Н.Н.; опубл. 10.07.2012. Бюл.№ 9.
27. ПП KZ № 13910. Способ получения топливных брикетов; опубл. 10.07.2012. Бюл.№ 1.
28. ПП KZ № 8287. Способ получения брикетированного топлива// Венчиков Ю.М., Доровеких Т.Н., Левинтов Б.Л.; опубл. 15.12.1999. Бюл.№ 12.
29. ПП RU № 2473671. Способ получения угольных брикетов// Шевченко Т.В.,
30. Жалгасулы Н., Токтамысов М.Т., Курбанов А., Черний Г.М. и др.Особенности брикетирования бурых углей Казахстана//Межд. научно-практич. конф. «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности», г. Кемерово, 2003. –С. 231-233
31. Жалгасулы Н., Ермаков Т.М., Токтамысов М.Т.Результаты исследования брикетируемости углей месторождений Казахстана//Горный информационно-аналитический бюллетень, Москва, №6, 2001.

32. Умбетова Ш.М. Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. - 2009. - № 4. - С. 72 - 75
33. Kim H. K., Lee H. K. Coal bottom ash in field of civil engineering: A review of advanced applications and environmental considerations // KSCE Journal of Civil Engineering, 2015, Volume 19, Issue 6, pp 1802–1818
34. Соловьев Л.П., Пронин В.А. Утилизация зольных отходов тепловых электростанций // Современные наукоемкие технологии. - 2011. - N 3. - С.40-42.
35. Парфенова Л.М., Высоцкая М.Н. Обзор зарубежных технологий утилизации золошлаковых отходов теплоэлектростанций материалов // Геодезия, картография, кадастр, гис - проблемы и перспективы развития: Материалы международной научно-технической конференции. – Новополюцк. – 2016. – С. 138-143.
36. Цельковский Ю.К. Опыт утилизации золошлаковых отходов в европейских странах и возможность его использования в российских условиях // Энергетик. - 2006. - N 10. - С.29-33.
37. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Власов А.С. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанции/ЗАО «Геоинформмарк».- М.:2001. - 68с.
38. Проект предельно допустимых сбросов веществ, поступающих с карьерными водами в накопитель для ОАО «Кустанайасбест», Казмеханобр, МИЦ «Восток-Аква», 2001 г.
39. Пояснительная записка к гидрогеологическому отчету по Джетыгаринскому месторождению хризотил-асбеста за 2001 год. ОАО «Кустанайасбест», Житикара, 2002 г.
40. Отчет по экспедиционному обследованию загрязнения природной среды г.Джетыгара Кустанайской области. Казахское Республиканское управление по гидрометеорологии ИПЦ «Гидромет». Республиканский центр наблюдений за загрязнением природной среды. Алма-Ата, 1991 г.
41. Жалгасулы Н. Кияқты көмірі – халық игілігіне. // Промышленность Казахстана. 2000, №3, С. 96-97.
42. A.A.Ismailova, A.T.Kanaev, N. Zhalgassuly. Technology of saline land reclamation by brown coal products // Известия национальной академии наук Республики Казахстан «Серия геологии технических наук».- Алматы.-С.120-128.
43. A.A.Ismailova, A.T.Kanaev, N. Zhalgassuly, Magaoya Asjan. Studying the technology and methods of increasing the yield of cultivated plants on strongly saline soils// Ecology, Environment and Conservation vol. 24 (4) : 2018.- P. 1666-1670.

44. Отчет о НИР «Технологическая оценка углей Ойкарагайского месторождения с целью их комплексной переработки».- Караганда, 2000.- 80 с.
45. Отчет о НИР «Проведение исследований для определения направлений квалифицированного использования бурого угля марки Б-3 разреза углей Ойкарагай».- Екатеринбург, 2000.- 101 с.
46. Ж. Каирбеков, Э.Т. Эрмолдина, А.Ж. Каирбеков и др. Комплексная переработка бурых углей Южного Казахстана// «Қазақ университеті» баспа үйі, 2018, Алматы.-453 с.
47. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии брикетирования некондиционного угля Ой-Карагайского месторождения».- Алматы, 2014.-41 с.
48. Отчет о НИР: «Новые технологии переработки ТМО».-Алматы, 2020.-71 с.
49. Уманец В.Н., Бугаева Г.Г., Завалишин В.С., Когут А.В., Кенжегалиев Н.А. Оптимизация освоения техногенных минеральных ресурсов и формирования природно-промышленных ландшафтов. Алматы, 2005.- 208с
50. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госкомгидрометеоздат, 1979. – 447 с.
51. Технические средства для государственной системы контроля природной среды: Номенклатурный каталог ЦНИИТЭИприборостроения, М.: 1984. –93 с.
52. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы (ч I и ч II). Санкт-Петербург, 1991.
53. Востриков И.Я., Петрова А.Ю. Технические средства контроля загрязнения окружающей среды; Номенклатурный каталог ЦНИИТЭИприборостроения. М.: 1984. –93 с.
54. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. М.: Химия, 1989.-368 с.
55. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. –М.: Изд.МГУ. 1970.
56. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах. М.: Колос, 1974. –287 с.
57. Муравьева С.И., Казнина Н.И., Прохорова Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. Мю: Химия, 1988.
58. Мирзаев Г.Г., Иванов Б.А., Щербаков В.М., Проскуряков Н.М. Экология горного производства. М.: Недра, 1991.
59. Горное дело и окружающая среда / С.В.Сластунов, В.Н.Королева, К.С.Коликов и др. М.: Логос, 2001. –272 с.

60. Болодурин Б.А. Автоматические приборы для контроля окружающей среды / Приборы и системы управления, 1989. № 10.
61. Брылов С.А., Грабчак Л.Г. Комащенко В.И. и др. Охрана окружающей среды. М.: Высшая школа, 1985. –272 с.
62. Приборы и средства автоматизации: Отраслевой каталог. 1,5. Приборы для определения состава и свойств газов, жидкостей, твердых и сыпучих веществ. М.: 1989. –181 с.
63. Пантелеева Т.И. К методике комплексных исследований по проблеме охраны геологической среды в горнодобывающих районах / Комплексная оценка и прогноз техногенных изменений геологической среды. (Сб.статей). –М.: Наука, 1985. 69-73 с.
64. Самурин А.Д., Объедкова В.А. и др. Ландшафтная рекультивация / Горный журнал, 1992, № 3.
65. Машины для рекультивации нарушенных земель. Справочник. –М.:, 1981. –359 с.
66. Сватковский Л.В. Основы разработки типовых технологических схем рекультивации отвалов.//Сб.научн.тр.ИГДМЧМСССР: Рекультивация и охрана земель на горных предприятиях. Свердловск, 1987.- 37-47 с.
67. Корнеев В.М., Зозуля П.В. Сухие строительные смеси, 2010- 320 с.
68. The Technology of Production of Precast Concrete by Using Solar Energy in Kazakhstan /Бисенов К.А., Л.Б. Аруова, Н. Даужанов, А. Уткелбаева, К. Байтасов, Г. Каршыга, Р. Каршыгаев. // Current science. – 2017. Volume 112. – NO7: (2017-04-10). – P.1574-1596. Web of science, impact-factor 0,967..
69. Бисенов Қ.А., Нарманова Р.Ә. Үдербаев С.С. Құрылыс маатериалдары мен жабдыктары // Оқу құралы. – Алматы: Жазушы, 2006. – 207 б.
70. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности.- Ростов Н/Д: Феникс, 2007.-368 с.
71. Жарко В.И., Гузов В.А. Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов//Межд.аналит.обозрение цемент. Бетон. сухие смеси.- 2011, №2(19).-С.11-27.
72. Гончаров М.А., Чернышев Е.М. Формирование систем твердения композитов на основе технологического сырья//Строительные материалы. -2013, № 5.-С.60-65.
73. Бондаренко Г.В., Грызлов В.С. Методика получения многокомпонентного вяжущего на основе техногенных отходов промышленности// Строительные материалы.- 2012, № 3.- С.26-29.
74. Прошин А.П., Данилов А.М. Методологические принципы выбора оптимальных наполнителей композиционных материалов//Строительство-2004,-№10.-С.15-20.
75. Development of a new method of aggregate treatment in the technology of lightweight concrete – wood concrete/Bisenov K.A.,S.S. Uderbaev //

Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy, Vol 5 No 20, September 2014. – P. 2682-2686. Scopus, Импакт-Фактор – 0, 115..

76. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савелов В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ- Москва: Высшая школа, 1981-334 с.

77. Патент на полезную модель №5013. РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК, 05.06.2020 г «Газдыбетонды дайындау тәсілі»/Бисенов К.А., Удербает С.С., Сактаганова Н.А.-2с.

78. СТ РК 1168-2006.Смеси сухие строительные

79. Жапаров А.Г., Вилкул А.Ю и др. Некоторые аспекты производства строительных материалов в процессе освоения техногенных месторождений кривбаса // Строительные материалы.-2013, № 7.- С.66-69.

80. Экономически эффективная технология изготовления композиционного материала на основе рисовой лузги и соломы /Бисенов К.А.,С.С. Удербает, У.Ж. Шалболова // Вопросы региональной экономики. РИНЦ. – Москва, 2013. – №3.(16). – С.19-25.

81. ПатRu № 247 1737. Композиционный строительный материал; опубл.10.01.2013.Бюл.№1.

82. Одаренко А.В., Яценко Г.Н. Вторичные ресурсы эффективность их использования в производстве//Мат.межд.науч.-практ.конф. «Инновационные материалы и технологии». – Белград, 2011.- С.295-299.

83. Дубов В.А., Журавлев А.А. Природосберегающие технологии производства строительных материалов//Строительные материалы.-2013, № 2.-С.81-83.

84. Бисенов К.А.,Танжарықов П.А.,Сарабекова У. Ж.Эффективные методы приготовления производственных материалов из высокопарафиновых нефтяных отходов/ Сборник научных трудов по материалам международной научно практической конференции “Современные тенденции в образовании и науке”.- Россия, Тамбов, 31 октября 2013 г.- часть 1.-С21-28 .

85. .Research of the properties of materials based on the oil wastes/ Bisenov K.A., Tanzharikov P. A .,Abilbek Zh.A.,Abdikerova U./JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT 3(7), SCIENCE IMPACT FACTOR-1,69,NIGERIA,-20-27.01.-2016.-P.289-295.

86. Кучеренко В.А., Зубова Т.И., Сапунов В.А. Термодеструкция импортированного щелочами бурого угля до гуминовых кислот //Химия твердого топлива. 1991 №1. С. 86-90.

87. А.С. СССР № 1404501. Способ выделения гуминовых кислот из бурого угля./Хаустов В., Кулаков В.Н., опубл. 1988.

88. Способ производства гуминовых препаратов/ Лученко С.В. Жумагулов К.Б.; опубл. 15.03.2001. бюлл. №3.

89. Исмаилова А. А., Жалгасулы Н. Патент РК. Состав для пылеподавления// Рег.№ 2017/0627.2 от 27 сентября 2017 г

90. nnKZ 6143. Способ получения гуминовых кислот из бурых трудно окисленных углей и электролизер для его осуществления /Дыдышко А.И., Акулова З.Г., Кричевский Л.А. ; опубл. 15.04.1998. бюлл. №3.

91. Аронов С.Г., Скляр М.Г., Тютюнников Ю.Б. Комплексная химико-технологическая переработка углей. Киев: Техника, 1968. 264 с.

92. Гиберман Б.Г., Халитов И.З. Окисление угля воздухом в «кипящем» слое под давлением // тр.Хим.-металлург. Института АН КазССР, 1969, 8 С.81-87.

93. Сапунов В.А., Рудаков Е.С., Чуприна В.С. и др. Физико-химическая активность углей.// Сб.науч.гр. АН УССР. Ин-т физ.-орган-химии и углехимии. Киев: Науко- ва Думка. 1989, С. 90-106.

94. Аккулова З.Г., Оразбекова У.Х., Кусембаев С.Х. и др. Некоторые пути химической переработки и использования угольного сырья Казахстана.// Современное состояние и перспективы развития горнодобывающих отраслей промышленности: материалы III межд.науч.практ.конф. г. Рудный. 2004, С. 61-63.

95. Патент РФ 2036190. Способ получения гуматов щелочных металлов //Бануев А.А., Левинский Б.В. и др. опубл. 1995.

96. Рода В.В., Рыжков О.Г. Гуминовые препараты из бурых углей месторождений России. И Хим.тверд. топлива. 1994, № 6,С. 43.

97. Сыроежко А.М. Гуминовые кислоты из углей Канско-Ачинского бассейна./Исследование в области химии и технологии продуктов переработки горючих ископаемых. Сб. Л.. 1989.С.86-3-85.

98. Аккулова З.Г., Оразбекова У.Х. Технология комплексной переработки углей Шу- баркульского месторождения. / Тез. докл. Междун,- практич. конференции по проблемам развития угольной промыш. РК, Караганда, 1993, С. 23.

99. Аккулова З.Г., Мустафина Г.А., Кричевский Л.А. Окисленные бурые и выветренные угли Центрального Казахстана в синтезе структуров почв, стимуляторов роста растений, удобрений. / Тез. докл. Междунар. научно-практич. конференции по проблемам развития угольной промышленности РК. Караганда, 1993, С. 27.

100. Аккулова З.Г., Мустафина Г.А., Быкова Т.В. Получение гуминовых препаратов из окисленных и выветренных углей. //Информ.листок Карагандинского ЦНТИ. № 138-94.

101. Джанпеисов Р.Д., Аккулова З.Г., Суворов В.В. и др. Исследование кислот угля.// Почвоведение. 1984. №3, С. 132.

102. Глебко Л.И. и др. Функциональный анализ гуминовых кислот.// Химия тв. Топлива. 1972. №2. С. 70.

103. Кухаренко Т.А. и др. Метод определения хиноидных групп в гуминовых кислотах.// Почвоведение, 1967, №7, С. 95.

104. Молдыбаев А.Б. Переработки вторичного сырья на получение гуминовых препаратов.//Тез.докл.научно-практ. Конф., Алматы, 1997, С.99.

105. Ермаков Т.М., Жалгасулы Н., Галиц В.И. и др. Комплексная переработка угля месторождения Казахстана. / Сб. докладов Вой Межд. научно-практич. конф. горное дело в Казахстане. Состояние и перспективы. / Центр.- Азиат. Горнопромыш. Союз. Алматы,- 2000. Вып.1, С. 171-172.

106. Жалгасулы Н., Мукушев Б.М., Пак В.В. Концепция и направление развития тех-нологии добычи и переработки угля месторождений Казахстана. Сб. докладов 1-ой межд. научно-практ. конф. Горное дело в Казахстане. Состояние и перспективы. Центр-Азиат горнопромыш. Союз. Алматы. 2000, вып. 2, С.74-77.

107. Пивоваров Л.П., Мамонов А.Г. Физиологические активные гуминовые препараты из бурого угля - биоэнергоинформационные адаптогены. Вестник Национальной инженерной академии РК. №1 (11), Алматы, 2004. С. 66-77.

108. Умаров Х.Т., Инюшин В.М. Биофизические и физиологические показатели роста сельскохозяйственных культур под действием гелий-неонового лазера. Ташкент, ФАН, АН Республики Узбекистан, 1991, 130 с.

109. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. М., Колос, 1978. 203 с.

110. Пивоваров Л.П., Мамонов А.Г. Сегодня и завтра энергоинформационного земледелия. - Материалы международной научной конференции «Стратегия научного обеспечения АПК РК в отраслях земледелия, растениеводства и садоводства: реальность и перспективы», Книга 2, изд-во «Агроуниверситет», 2005. С. 75-76.

111. Мамонов А.Г., Пивоваров Л.П., Хайбуллин А.С. Перспективы повышения уро-жайности зерновых культур в Казахстане.- Зерно и зернопродукты, №1 (5), 2005. С.48-49.

112. Мамонов А.Г., Хайбуллин А.С., Мамонова Н.А. Приемы повышения экологиче-ской устойчивости сельскохозяйственных культур на низкопродуктивных почвах Казахстана.- Известия НТО «КАХАК», №2 (13), 2005. С. 65-72.

113. Мамонов А.Г., Инюшин В.М., Юренков В.В., Мамонова Н.А. Эффективность применения водных растворов физиологически активного гуминового препарата - адаптогена ККМ1 при возделывании сельскохозяйственных культур на засоленных почвах Казахстана. Материалы Международного семинара «Биогенная вода. Проблемы водной экологии, безопасность жизни человека», часть 1 , Алматы, 2005. С.8-9).

114. Авилова Л.Д. Цитохимические исследования нуклеиновых кислот в корешках растения при засолении. Автореф. Дисс.канд.биол.наук. Ростов н/д.1967.С.17.

115. Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. Л. 1977.- С. 264.

116. Мамонов А.Г., Калашников И.В. Способ повышения солеустойчивости кормовых культур. // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов. Новосибирск, 1989.кн.5.С.151.

117. Мамонов А.Г., Кадук А.С., Корниенко В.А. Приемы повышения продуктивности щелочных засоленных почв рисовых плантаций Южного Прибалхашья. И Тезисы докладов Межд. эколог, форума по проблемам устойчивого развития Или- Балхашского бассейна «Балхаш-2000», Алматы. 2000, С.98-99

118. Мамонов А.Г. Приемы направленного повышения эффективного плодородия засоленных почв и солеустойчивости риса на Акдалинском массиве орошения. Автореф.дисс.канд. биол.наук, Алма-Ата, 1991.-23 с. (для служебного пользования).

119. Боровский В.М. Формирование засоленных почв и галогеохимические провинции Казахстана. Алма-Ата: Наука КазССР. 1982.-192 с.

120. Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана. М., 1978, 165 с.

121. Тазабеков Т.Т. Повышение плодородия горных и предгорных почв. Алма-Ата. 1983. 72 с.

122. Environmental and economic efficiency of applicarion of construcrional insularing arbol from agricultural and industrial wastes /Бисенов К.А.,С.С. Удербает, У.Ж. Шалболлова //Actual problem of economics. – 2010. №1. – P. 304-311. Scopus. Импакт-Фактор – 0,187.

123. А.С. СССР №954015. Способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных растений. //Абдиева Р.Г.-П., Мамедов Г.Г., Асадов Г.Г. 1982, Бюлл. №32

124. Горшков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – Москва: Высшая школа, 1981, – 334 с.

125. Методы исследования цементного камня и бетона./ Под ред. З. М. Ларионовой. – Москва: Стройиздат, 1970-159 с.

126. Курбатова И. И. Современные методы химического анализа строительных материалов. – Москва: Стройиздат, 1972, –159 с.

127. Долгарев А. В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов. – Москва: Стройиздат, 1990, – 456 с.

128. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов./ А.В. Волженский, Ю.С. Буров, Б.Н.Виноградов, К.В. Гладких. – Москва: Стройиздат, 1969-392 с.
129. Гладких К.В. Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол. – Москва: Стройиздат, 1976 – 256 с.
130. Строительство автомобильных дорог. – Алматы: Капитал, 2011. – 392с.
131. СН РК 3.03-19-2006 – «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа». – Алматы, 2016. – 85с.
132. Строительство автомобильных дорог: Под ред. В.П.Подольского. – Москва: Академия, 2013. – 304с.
133. Комплексное использование золы и шлаков тепловых электростанций в народном хозяйстве: Научные труды, вып.67 – Ленинград: Энергия, 1971 – 171с.
134. Инструкция по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных органическими вяжущими: ВСН 123-77, Москва: Транспорт. – 1978. – 43с.
135. СТ РК 1225 – 2013. – «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон». – Астана. – 12с.
136. СТ РК 1218 – 2003. – «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – Астана.
137. СНиП РК 3.03.09-2006. – «Автомобильные дороги». – Алматы, 2014. – 44с.
138. СНиП 3.06.03-85 – «Автомобильные дороги».
139. СН РК 3.03-19-2006 – «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа».
140. СНиП 2.05.02-85 – «Автомобильные дороги».
141. СНиП РК 3.03.-09-2006 – «Автомобильные дороги»
142. СТ РК 1549-2006 – «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и щебень для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов».
143. Ларионова З.М. Формирование структуры цементного камня и бетона. – Москва: Стройиздат, 1971. – 161 с.
144. Методы исследования цементного камня и бетона / Под ред. З.М. Ларионовой. – Москва: Стройиздат, 1970. – 159 с.
145. Шувалов Ю.В., Кусков В.Б., Маковский А.Н. Рациональное использование отходов обогащения угля и охрана окружающей среды в районах действия угледобывающих предприятий. Тезисы докладов Плаксинские чтения.- М., 2000.-121с.
146. Лопатин В.Н., Калиев И.А., Жуков В.В. Методы оценки воздействия предприятий на окружающую среду, экономические и технологические

аспекты// Тезисы докл.8 Межд. конф. «Новые технологии в науках о Земле».-М.:ВНИИГеосистем, 2007.-С.224-227.

147. ГОСТ 6382-91. Топливо твердое. Методы определения выхода летучих веществ. М.: 1992.- 11 с.

148. ГОСТ 8606-72. Топливо твердое. Методы определения серы. М.: 1988- 12 с.

149. ГОСТ 2408-1-95. Топливо твердое. Методы определения углерода и водорода. Минск, 1996,- 28 с.

150. ГОСТ 27314-91. Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги. М.: 1992,-

151. ГОСТ 10742-71. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора проб для проведения лабораторных испытаний. М.: 1993.- 20 с.

152. ГОСТ 147-95. Топливо твердое. Определение высшей теплоты сгорания.М.: 1996.- 46 с.

153. ГОСТ 21291-75. Брикеты угольные методы физических испытаний. М: 1986. – 5с.

154. Пахалок И.Ф., Болдырев В.Р. Брикетирование углей.- М.: Углетехиздат, 1957.- 179 с.

155. Джаманбаев А.С., Текенов Ж.Т. Брикетирование углей Киргизии. - Бишкек: Илим, 1991.– 121 с.

156. Аронов С.Г., Скляр М.Г., Тютюнников Ю.Б. Комплексная химико-технологическая переработка углей. – Киев: Техника, 1968.-264с.

157. Рассказова А.В., Александрова Т.Н. Технические и экологические аспекты производства угольных брикетов//Горн.инф.анал.бюл.2013. вып.4.- С.209-215.

158. ПатRU № 2486232. Способ получения топливных брикетов// Пинсин В.В., Прошкин

159. А.В., Нагибин Г.Е. и др. опубл.27.06.2013.Бюл.№ 18

160. ПатRU № 2486232. Способ получения топливных брикетов// Пинсин В.В., Прошкин

161. А.В., Нагибин Г.Е. и др. опубл.27.01.2013. Бюл.№ 3.

162. ПатRU № 2455345. Способ брикетирования буроугольного сырья; опубл.10.07.2012.

163. ПатRU № 8584. Способ брикетирования буроугольного сырья; 17.02.2012.

164. ПП KZ № 11997. Способ получения топливного брикета// Тойганбаева Е.А., Джиенбаев Н.Н.; опубл. 10.07.2012. Бюл.№ 9.

165. ПП KZ № 13910. Способ получения топливных брикетов; опубл. 10.07.2012. Бюл.№ 1.

166. ПП KZ № 8287. Способ получения брикетированного топлива// Венчиков Ю.М., Доровеких Т.Н., Левинтов Б.Л.; опубл. 15.12.1999. Бюл.№ 12.

167. ПП RU № 2473671. Способ получения угольных брикетов// Шевченко Т.В., Файрушин Ш.А., Ульрих Е.В. и др.; опубл. 27.10.2012. Бюл.№ 30.

168. Ермеков Т.М., Жалгасулы Н., Галиц В.И. и др. Комплексная переработка угля месторождения Казахстана./ сб.докладов 1-ой Межд. научно-практ. конф. Горное дело в Казахстане. Состояние перспективы./ Центр. Азиат.Горнопромыш.Союз. Алматы.- 2000. Вып.1.-С.171-172.

169. Жалгасулы Н., Мукушев Б.М., Пак В.В. Концепция и направление развития технологии добычи и переработки угля месторождений Казахстана./ Сб.науч.тр.докладов 1-ой межд.научн.практ.конф.Горное дело в Казахстане. Состояние и перспективы. Центр.Азиат.горнопромыш. Союз.- Алматы, 2000, вып.2.-С.74-77.

170. Проект строительства разведочно-эксплуатационного разреза «Кияктинский» Республики Казахстан. Караганда, Гипрошахт, 1992.-84с.

171. Zhalgassuly N., Kogut A.V., Ismailova A.A., Saparova B.S. Obtainment of adaptogens for biotechnical revegetation//25-й Всемирный Горный Конгресс, Астана, 19-22 июня, 2018.-С.74-85

172. Жалгасулы Н., Когут А.В., Исмаилова А.А. Переработка бурых углей для получения различных промышленных продуктов//Сб.труд. Межд.научно-практ. конф. «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0», 14-15 марта 2019.-Алматы.- С.319-322

173. Zhalgassuly N., Mahaya Aisijiang, Ismailova A.A. and other. Technology of Extracting various useful material from lignite//Journal of Yili Normal University, 2017,(4),57-62.

174. Bisenov K.A. Tanzharikov P .A U. Sarabekova U.THE INFLUENCE OF ASPHALT RESIN PARAFIN OIL RESIDUE ON ASPHALT CONCRETE TECHNOLOGY/Известия НАН РК №6 (444) , 2020, с.38-46 ,YDK 691.16, GSCSI 67.15.49,ISSN 2224-5286,htths: doi org.10.32014/2020.2518,1491.96

175. Bisenov K.A. Tanzharikov P .Sarabekova U.The substantiation of the influence of asphalt resin paraffin oil residue on the asphalt concrete technology IOP Conf. Series: /Materials Science and Engineering 1030 10302021) 012113(2021) 012113 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012113 doi:10.1088/1757 899X/1030/1/012113 1 SCOPUS Preview Site Score 2019 ,SJR 0.198.- SNIP 2019.- 0,543.-P.1174-1182.

176. Танжарықов П.А. Мұнай қалдықтарын қайта өңдеу негізінде экологиялық жүйені тұрақтандыру. Монография. -Қызылорда: Тұмар, 2007.-200 б.

177. 21.Таңжарықов П.А., Сарабекова У.Ж. Мұнай кәсіпорындарын қалдықтарын қайта кәдеге жарату технологиясы/Вестник Казахской Академии транспорта и коммуникации им.Тынышбаева .-№2.-2008.- Алматы.-Б.56-61.

178. Қызылорда өніріндегісіпі техногенді қалдықтарды тиімді пайдалану жолдары. Монография /Кунбазаров А.К Таңжарықов П.А. Бурханов.Б.Ж ЖумагуловТ.Ж.-Қызылорда :Тұмар,2009.-288 б.

179. Таңжарықов П.А. Абдрахманов С.Т Сарабекова У.Ж Мұнай газ саласындағы еңбекті және қоршаған ортаны қорғау. Оқу құралы.- Қызылорда :Тұмар,2009.- 352 б.

180. Инновациялық патент Асфальтті –шайырлы –парафинді шөгінділер негізінде отын брикетін дайындау тәсілі /Таңжарықов П.А. Удербает С.С Жумагулов Т.Ж Досжанов М.Ж Торгаев Т.С № 24553 16.08.2010- 5б.

181. Таңжарықов П.А. Технология использования нефтеотходов при изготовлении топливных брикетов/Научная жизнь.-2010.-№4.-Москва.- С.71-78.

182. Авторлық куәлік. Асфальт – шайырлы парафинді ішөгінділері негізіндегі отын брикетінің құрамы /Таңжарықов П.А., Удербает С.С., Жумагулов Т.Ж., Торгаев Т.-№ 24389 .-16.08.2010- 5б.

183. Авторлық куәлік. Мұнай өнімдерінің асфальтті-шайырлы парафинді шөгінді қалдықтарын араластырғыш /Таңжарықов П.А., Удербает С.С., Аханов С.М., Жумагулов Т.Ж., Абжаев М.М., Сахитжанов М.Ш. № 82722.- 9.11.2010- 5б.

184. Мұнай қалдықтарынан жасалатын брикет отынының жану жылуын сапалық құрамы арқылы есептеу /Таңжарықов П.А., Жумагулов Т.Ж., Аманкулов Е., Жалгасулы Н., //М.Ауезов атындағы ОҚМУ ғылыми еңбектері шымкент, 2010, № 1 (19).-С.87-93.

185. Tanzharikov P .A ., Sarabekova U.J .Utilisation higtrey Parafinic of oil wastes and the development of scientiic and practical foundation of, resource-saving technologies The work sufmitted to International Scientific Conference “Innovative medical technologies” France (Paris).15-22 march, 2012, came to the editorial office on 18.10.2012. International journal experimental education, 2012, №12 .-p. 242 -247.

186. Инновациялық патент. Мұнай өнімдерінің асфальтті-шайырлы парафинді шөгінді қалдықтарын араластырғыш/Таңжарықов П.А., Удербает С.С., Аханов С.М., Жумагулов Т.Ж ., Абжаев М.М., Сахитжанов М.Ш. № 28433 18.10.2012- 5б.

187. Tanzharikov P .A ., Sarabekova U.J .The dynamics of accumulation of oil waste and methods of their national use.// The works was sufmitted to international scientific conference “Priozities for science, Technology and engineering”, Egypt, 15-22 August, 2012, came to the editorial office on 28.06.2012.-P.87-95.

188. Выявления количества теплоты горения при технологии брикетирования техногенных нефтеотходов/Жұмағұлов Т.Ж., Абжаев М.М., Сакитжанов М. Ш./Современный научный вестник. Научно-теоретический и практический журнал. -№17 (156), 2013.-г.Белгород, 2013.- С.49-57.

189. Таңжарықов П.А., Амангельдиева М.А. Ауылшаруашылық және өнеркәсіп қалдықтарын пайдаланып брикетті отын алудың технологиясын жасау әдістемесі/Семей қаласының шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің хабаршысы. - №4(64).- 2013-Семей .-Б.47-52.

190. Жалгасулы Н. Қарашірінділі көмірден түрлі мақсатты препараттар алу жолдары // Международной научно-практической конференции «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана», посвященной 10-летию Казахской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан.-Алматы, 2019.-С.121-127.

191. Mamonov A.G., Zhalgassuly N., Ismailova A.A. The energy capacity of an aqueous solution of the drug-stimulator of plant growth // Reports of the National academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan/Volume 4, Number 326 (2019). – P. 5-9.

192. Мансуров З.А., Тулепов М. И., Казаков Ю.В., Балфанбаев О.К., Махамбетқызы С., Абдракова Ф.Ю., Турсынбек С. Исследование влияния воздухопроводящих каналов на горение синтетических угольных брикетов //VIII Международный симпозиум «Горение и плазмохимия»: Матер, Междунар. научно-технич. конф. «Энергоэффективность-2015».-Алматы, 2015.- С. 202-205

193. Мансуров З.А., Тулепов М. И., Казаков Ю.В., Балфанбаев О.К., Махамбетқызы С., Абдракова Ф.Ю., Турсынбек С. Исследование процессов горения пиротехнических инициаторов бурого угля//VIII Международный симпозиум «Горение и плазмохимия»: Матер, Междунар. научно-технич. конф. «Энергоэффективность-2015».-Алматы, 2015.- С. 380-383

194. Мансуров З.А., Тулепов М. И., Казаков Ю.В., Балфанбаев О.К., Махамбетқызы С., Абдракова Ф.Ю., Турсынбек С. Исследование процессов горения некондиционных углей с синтетическими отходами// VIII Международный симпозиум «Горение и плазмохимия»: Матер, Междунар. научно-технич. конф. «Энергоэффективность-2015».-Алматы, 2015.- С. 405-408

195. Разработка технологии брикетирования некондиционного угля Ой-Карагайского месторождения.: отчет о научно-исследовательской работе. Институт горного дела им. Д.А.Кунаева: рук. Н.Жалгасулы, исполнители:

Г.М.Черний, А.В.Когут, О.К. Балфанбаев, Разумова О.Б., Исмаилова А. А., Алматы, 2014г.

196. Каирбеков Ж., Жалгасулы Н., Аубакиров Е.А. Новые технологии добычи и переработки полезных ископаемых–Алматы: «Қазақ университеті»,2014.-224 с.

197. Жалгасулы Н., Исмаилова А.А. Кен қалдықтарының бетінен шаң шығармау технологиясы//Международной научно-практической конференции Абишевские чтения-2016. «Инновации в комплексной переработке минерального сырья».-Алматы, 2016.-С.247-250

198. Жалгасулы Н., Метакса Г.П., Когут А.В., Балфанбаев О.К.Исследование возможности получения металлов из некондиционного угля месторождения «Ой-Карагай»

199. Брендоу К. // Материалы комитета по устойчивой энергетике Европейской экономической комиссии ООН, 2003 г., 5 с.

200. А.А.Ismailova, А.Т.Kanaev, N. Zhalgassuly. Technology of saline land reclamation by brown coal products // Известия национальной академии наук Республики Казахстан «Серия геологии технических наук».- Алматы.-С.120-128.

**Бисенов К.А., Жалгасулы Н., Танжарыков П.А.,  
Когут А.В., Исмаилова А.А.**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТАНА**

*Технический редактор:*  
Бакытжан Салмырза

*Компьютерная верстка:*  
Асылбек Сақып

Подписано в печать 09.09.2021 г. Формат 70x100 1/16.  
Гарнитура «Times New Roman». Печатных листов 21,5.  
Офсетная печать. Тираж 500 экз.

ТОО «ASU» баспа үйі».   
120008. г. Кызылорда, ул. Сұлтан Бейбарыс, 4.  
Тел.: 40-06-68