**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

КЫРГЫЗСКО-УЗБЕКСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи
УДК.621.436.982

Адылов Чыныбек Абдижалилович

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Научный руководитель:
д.т.н., профессор А.И. Исманжанов

Ош -2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

		Стр
	Перечень основных сокращений и обозначений……..	5
	Введение …….	6
	ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА	12
1.1	Технологии брикетирования отходов твердого топлива без связующих веществ…….	13
1.2	Технологии брикетирования отходов твердого топлива с органическими связующими ……	14
1.3	Технологии брикетирования отходов твердого топлива с неорганическими связующими…….. ……	20
1.4	Технологии брикетирования гранулирования отходов твердого топлива с комбинированными связующими…….	25
1.5	Технологии брикетирования древесного угля и древесных отходов…….	30
1.5.1	Технологии брикетирования древесного угля……	30
1.5.2.	Технология брикетирования древесных отходов……	31
1.6	Выводы по главе 1……	33
1.7	Постановка задачи……	34
	ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ С ПОМОЩЬЮ ПРОДУКТОВ БИОМАССЫ	39
2.1	Основные характеристики низкосортных бурых углей Кыргызстана ……..	39
2.2	Характеристики и ареалы произрастания в Кыргызстане потенциальных источников сырья для получения связующих - Эремуруса и Чертополоха……	41
2.3	Разработка технологии брикетирования угольной мелочи с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха…..	48
2.3.1	Разработка технологии получения связующих из Эремуруса и Чертополоха…….	48
2.3.2	Технология подготовки угольной мелочи к брикетированию……	54
2.4	Брикетирование угольной мелочи с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха……	55
2.5	Исследование зависимости механической прочности брикетов от их толщины и давления прессования……	60

2.6	Исследование зависимости механической прочности брикетов от вида и концентрации связующего……	64
2.7	Исследование теплотворных характеристик брикетов……	68
2.8	Исследование водопоглощаемости и влагоустойчивости брикетов……	71
2.9	Физико – химические процессы, происходящие в конденсированной среде брикетов угольной мелочи и древесных отходов…….....	75
2.9.1	Дисперсная фаза и дисперсионная среда брикетов твердого топлива…….	75
2.9.2	Взаимодействие сплошной среды и дисперсной фазы в брикетах. Поверхностные явления, происходящие в процессе брикетирования угольной мелочи и древесных отходов…….	76
2.10	Математическое моделирование процесса брикетирования угольной мелочи с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха …….	85
2.11	Выводы по главе 2……	94
	Глава III. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ	96
3.1	Энергетические характеристики и состав древесных отходов…..	96
3.2	Разработка технологии брикетирования древесных отходов с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха…..	101
3.3	Исследование теплотворности брикетов из древесных отходов….	106
3.4	Исследование механической прочности брикетов из древесных отходов …….	107
3.5	Исследование водопоглощаемости и влагоустойчивости брикетов из древесных отходов …….	110
3.6	Математическое моделирование технологии брикетирования древесных отходов ……...	114
3.7	Выводы по главе 3……	117
	Глава IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА	119
4.1	Технико-экономическая схема брикетирования отходов твердого топлива с помощью продуктов переработки биомассы	119

4.2	Исследование экономической эффективности брикетирования угольной мелочи с помощью продуктов переработки биомассы……..	120
4.3	Исследование экономической эффективности брикетирования древесных отходов с помощью продуктов переработки биомассы……..	130
4.4.	Выводы по главе 4……..	131
	ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ……...	132
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ…….…….	134
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Справки о внедрении результатов диссертационной работы…….	151
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Анализ ошибок экспериментальных измерений и достоверности полученных результатов…….	156

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

S – поверхность раздела фаз;

s – поверхностное натяжение;

Ai – адсорбция абсолютная;

Гi – избыточная (Гиббсовская) адсорбция;

Uор – потенциал ориентационного взаимодействия;

Uинд – потенциал индукционного взаимодействия;

Uдисп – потенциал дисперсионного взаимодействия;

П – пористость адсорбента;

$Q_В$ - высшая теплота сгорания;

$Q_Н$ - низшая теплота сгорания;

$Q_н^{daf}$ – теплотворность углей на горючую массу;

C – концентрация связующего в шихте;

Рд – давление прессования;

P - прочность брикетов;

t – температура;

Wt – рабочая влажность шихты;

Wn – влажность воздушно- сухого состояния угля;

P –прочность брикетов;

Рп – давление прессования;

Wty– рабочая влажность угля;

Ad – зольность угля на сухую массу;

V^{daf} – летучие вещества угля на горючую массу;

S^{daf} – горючая сера;

Эго – годовой относительный экономический эффект;

Эга – годовой абсолютный экономический эффект.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. По запасам угля (2,2 млрд. тонн) Кыргызстан занимает первое место среди стран Средней Азии. Из них бурые угли занимают 67,4%, а каменные - 32, 6%.

Бурые угли Кыргызстана по своим физико - механическим свойствам – мягкости и хрупкости склонны легко превращаться в мелочь при добыче. В силу этого процентное содержание мелочи в добываемом угле в отдельных случаях составляет до 70%, и она, кроме как в некоторых теплогенериру-ющих предприятиях с котлами с камерной топкой и на кирпичных заводах, как правило, как топливо не используется.

Значительное количество угольной мелочи теряется и при транс-портировке – уносится ветром а также выпадает из не плотностей транспорт-ного средства – автомобильных кузовов и железнодорожных вагонов.

При сжигании углей на слоевых топках до 30% угольной мелочи выпадает из колосниковых решеток (механические потери), что составляет значительную величину потерь в масштабе всего Кыргызстана.

Угольная мелочь в большом количестве накапливается на местах добычи углей, на перевалочных пунктах и в большинстве случаев занимает полезные площади, создает угрозу загрязнения окружающей территории.

На деревообрабатывающих предприятиях и отдельных цехах ежегодно скапливается большое количество стружки и опилок.

Большое количество непригодной для повторного использования картонной тары, также используется не рационально.

Ежегодно в осеннее время в садах и на огородах накапливается большое количество листьев и вопреки запретам, они нередко сжигаются.

Одним из путей уменьшения потерь угольной мелочи, а также вовлечения отходов древесины, картона и листьев является их окускование – брикетирование и гранулирование.

Однако, широко распространенные на сегодняшний день технологии брикетирования и гранулирования угольной мелочи и других горючих веществ дороже в силу дороговизны используемых при этом связующих – органических горючих попутных продуктов химических и пищевых производств.

В Кыргызстане нет больших ресурсов органических связующих – нефтяных, сланцевых, торфяных и древесных или синтетических смол, нефтяных битумов, продуктов переработки природного органического сырья и т.д. Масштабы брикетирования угольной мелочи в стране в первую очередь определяется количеством дешевых и доступных связующих.

В то же время по всей территории Кыргызстана широко распространены ряд дикорастущих растений, содержащих вяжущие вещества, которые могут рассматриваться как потенциальные связующие для брикетирования углей и других горючих отходов.

Технологии брикетирования углей с органическим и неорганическими связующими разработаны достаточно. В исследования проблем брикетирования и гранулирования топливных отходов большой вклад внесли такие ученые, как А.Т. Елишевич, З.Н. Березкина, Л.Л. Хотунцев (Россия), Suss Manfred (Германия), Миндзуно Сэнзити (Япония), S. Choudhory (Индия), А.С. Жаманбаев, Ж.Т. Текенов (Кыргызстан) и др.

Разработка приспособленной к сырьевым ресурсам Кыргызстана технологии брикетирования огромного количества бесполезно теряемой угольной мелочи и древесных горючих отходов позволило бы вовлечь их в топливно – энергетический баланс Республики, не говоря об улучшении экологической ситуации в регионе.

Поэтому, исследование брикетируемости низкосортных бурых углей Кыргызстана и древесных горючих отходов с использованием связующих, получаемых из местного растительного сырья, исследование теплотехнических характеристик получаемых брикетов, разработка

промышленной технологии брикетирования, исследование ее технико-экономических показателей является актуальной.

Связь темы с научно- техническими программами. Работа выполнялась в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем Кыргызско – Узбекского университета по договорам с Министерством образования и науки Кыргызской Республики № ЕТН - 07/11 от 03.01. 2011 г. «Разработка и исследование автономных энергетических систем на основе возобновляемых видов энергии» и № УН-26/13 от 19.02. 2013 г. «Разработка и исследование высокоэффективных энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий» .

Цели и задачи исследований. Целью исследования является разработка научно обоснованной технологии брикетирования угольной мелочи и других горючих отходов с удовлетворительными механическими и теплотехническими свойствами с помощью связующих, получаемых из местного дикорастущего растительного сырья и исследование технико-экономических показателей разработанной технологии.

Для достижения указанной цели в работе решены следующие задачи:

- разработка технологии получения связующих веществ из местной дикорастущей растительности, исследование их физико-химических свойств и определение их пригодности для реализации поставленной задачи;

- исследование зависимости характеристик полученных брикетов от свойств угля, горючих древесных отходов, связующего и параметров процесса брикетирования;

- получение математических моделей зависимости физико - механических и теплотворных свойств получаемых брикетов от количественных и качественных характеристик сырья, параметров процесса брикетирования и оптимизация параметров технологического процесса и состава брикетов на основе этих моделей;

- разработка научно - обоснованных технологий брикетирования угольной мелочи и горючих древесных отходов с помощью связующих веществ, получаемых из местной дикорастущей растительности;

- исследование и оценка экономической эффективности разработанных технологий брикетирования.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

- научно обоснована и практически доказана возможность получения брикетов с удовлетворительными физико - механическими и теплотворными свойствами из мелочи низкосортных бурых углей Кыргызстана и других горючих древесных отходов с помощью дешевых и доступных связующих, получаемых из местной дикорастущей растительности;

- выявлены закономерности зависимости физико - механических, теплотворных и других свойств брикетов от параметров угля, связующего и процесса брикетирования;

- получены математические модели типа «состав - свойство», позволяющие оптимизировать количественный состав сырья и параметры технологического процесса брикетирования для получения брикетов с наилучшими теплотворными и прочностными характеристиками;

- разработана научно – обоснованная, конкурентоспособная технология брикетирования низкосортной угольной мелочи и горючих древесных отходов с помощью доступных и недорогих связующих, получаемых из местной дикорастущей растительности;

- научно обоснована экономическая и экологическая целесообразность брикетирования угольной мелочи и горючих древесных отходов с помощью связующих, получаемых из местного дикорастущего растительного сырья

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что:

- разработанные технологии позволяют в промышленном масштабе производить брикеты с доступными и дешевыми органическими связующими, получаемыми из дикорастущего растительного сырья, существенно снизить

их стоимость, вовлечь огромное количество теряемой угольной мелочи в топливно – энергетический комплекс Республики;

- данные по исследованию влияния различных факторов при брикетировании бурых углей со связующими растительного происхождения позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры процесса брикетирования в зависимости от особенностей угольной мелочи, древесных отходов, связующего и технологического оборудования;

- полученные брикеты использованы на муниципальных котельных и котельных фермерских хозяйств юга Кыргызстана в качестве котельного топлива с реальными экономическими эффектами (акты и справки об использовании приведены в приложении);

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

- научно – обоснованная технология получения связующих из местных дикорастущих растений – Эремуруса и Чертополоха;

- научно обоснованная технология получения брикетов с удовлетворительными физико - механическими и теплотворными свойствами из мелочи низкосортных бурых углей Кыргызстана и горючих древесных отходов с помощью дешевых и доступных связующих, получаемых из местной дикорастущей растительности;

- выявленные закономерности зависимости физико - механических, теплотворных и других свойств брикетов от параметров угля, древесных отходов, связующего и процесса брикетирования;

- полученные математические модели зависимости теплотехнических и физико - механических свойств брикетов, позволяющие оптимизировать количественный состав сырья и параметры технологического процесса брикетирования для получения брикетов с наилучшими теплотехническими и прочностными характеристиками;

- выявленные зависимости технико - экономических показателей и экологической целесообразности разработанной технологии брикетирования

угольной мелочи и древесных отходов с помощью связующих, получаемых из местного дикорастущего растительного сырья от компонентов затрат.

Личный вклад соискателя в получении научных результатов. Автор является основным исполнителем работ по разработке технологии получения связующих из Эремуруса и Чертополоха, брикетного топлива на их основе и исследованию их теплотехнических и прочностных характеристик, включая постановку задачи, результаты которых представлены в диссертационной работе.

Основные результаты диссертационной работы получены лично автором под руководством научного руководителя.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации, а также ее отдельные части докладывались на Международной конференции «современные проблемы и пути нефтегазового потенциала недр», Ташкент (ТашГТУ), 2012, «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке», Алматы (КазНПУ), 2013, «Проблемы комплексного использования энергетических ресурсов Кыргызстана», Бишкек (КГТУ), «VII – Международной научно – практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования» Чебоксары, 2016, на Международной научно – практической конференции «Инновация -2016», Ташкент (ТашГТУ), 2016. Работа в полном объеме доложена на Научно- техническом совете Кыргызско - Узбекского университета, на Ученом совете Института природных ресурсов НАН КР, на объединенном заседании кафедр Физики, Электроэнергетики, Электрооборудования и теплоэнергетики, Экологии и охраны окружающей среды, Геологии и полезных ископаемых Ошского технологического университета.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По теме диссертации опубликовано 13 основных печатных работ, в том числе 8 статей в международных научных журналах «Наука, Образование, Техника», «Вестник ОшГУ», «Вестник КРСУ» а также в ряде научных журналах Российской Федерации, вошедших в систему РИНЦ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и заключений, списка использованной литературы и приложения. Содержит 160 страниц машинописного текста (включая приложения), 41 рисунок, 36 таблиц и библиографию из 172 наименований.

Глава I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

В технике и технологии топлива брикетирование, гранулирование и получение топливных пеллетов объединяется под общим термином «окускование».

Термин «брикетирование» означает созданиетвердого тела из диспергированных твердой и жидкой фаз, обладающего определенными размерами и формой, а также новыми структурно – физико - механическими свойствами.

Брикеты, в том числе топливные, являются своеобразным конденсированным состоянием частиц, составляющих их веществ.

Любой материал, полученный из частиц, соединенных между собой связующим веществом, в том числе брикеты, гранулы и пеллеты представляет собой систему, прочность которой зависит от трех основных факторов: адсорбции и адгезии тел, составляющих систему, где основную роль играют силы Ван-дер- Ваальса.

Брикетирование и гранулирование повышает теплоту сгорания угольной мелочи и других горючих отходов, улучшает КПД сжигания, транспортабельность, условия хранения и использования этих видов топливного сырья. Кроме этого, брикетирование повышает экономическую эффективность ряда производств, где они используются.

Общие требования к топливным брикетам и пеллетам — их высокие теплотворные и физико - механические свойства.

В настоящее время мировое производство угольных брикетов составляет свыше 220 млн. тонн в год, в том числе около 40% - буро-угольных [1,2].

Технологии брикетирования угольной мелочи а также некоторых видов горючих отходов, в зависимости от использования и вида связующего вещества разделяются на четыре класса (рис.1.1):

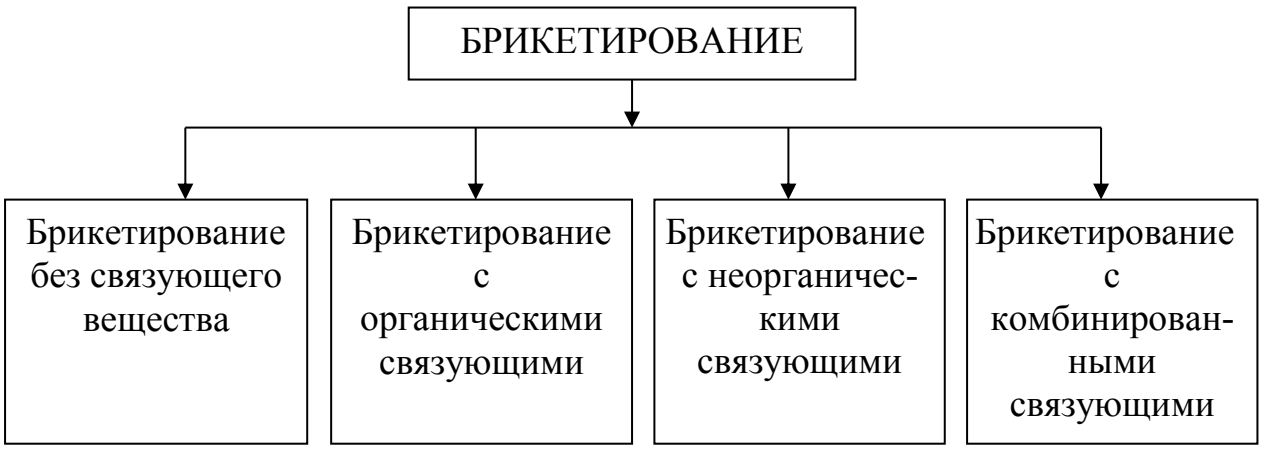

Рис.1.1. Классификация технологии брикетирования углей и других горючих отходов

Вкратце рассмотрим особенности этих технологий.

1.1. Технология брикетирования отходов твердого топлива без связующих веществ

В зависимости от состав угольной мелочи и их физико - химических свойств (молодые бурые угли, торф) их брикетирование производится без связующих веществ при давлении 100-250 МПа. При этом основным условием брикетируемости является наличие в самом топливе достаточного количества пека, смол и других веществ, способствующих слипанию частиц угля и торфа. Поэтому брикетируются без связующих только мелочь определенных сортов углей [3].

Данный способ брикетирования, как правило, осуществляется при высоких и сверхвысоких давлениях, при которых происходит постепенное

заполнение пустот между частицами топлива, затем уплотняются и деформируются сами частицы, между ними возникают силы молекулярного сцепления. Повышение давления и длительности пребывания угольной мелочи под ним приводит к снижению величин упругих деформаций и переходу их в пластические, вследствие чего структура брикета упрочняется.

При брикетировании без связующих молодые бурые угли (Wp до 60%) дробят до крупности 0-6 мм и сушат в паровых трубчатых сушилках или газовых трубах - сушилках до оптимальной влажности 15-20%. Подсушенный уголь - так называемая «сушонка», охлаждается до температуры 40-50° С и затем прессуется под давлением 100-150 МПа в штемпельных прессах, реже при давлении 200-500 МПа в кольцевых прессах. Полученные брикеты охлаждаются в охладительных желобах (барабанах) до температуры окружающей среды и отправляются на склад [4].

Перед брикетированием «сушонка», дополнительно додрабливается после первой стадии сушки и осуществляется повторная сушка (обычно в паровых трубчатых сушилках) для выравнивания влагоразности в углях различных классов. Масса полученных таким образом буроугольных брикетов составляет, как правило, 300-600 г.

В зависимости от требований потребителя, с целью повышения их физико-механических свойств в брикеты добавляются ароматизирующие вещества.

Исследованиями Березкиной З.Н. и др. было доказано, что угольная мелочь из месторождений Кыргызстана размерами 0-3 мм и 0-5 мм без связующих не брикетируется в прочные куски [3]. Полученные брикеты самопроизвольно рассыпаются. Только при измельчении до 0,1 мм и содержанием фракции 0 - 0,1 мм более 60% и давлении прессования до 100 МПа удалось получить относительно прочные брикеты. Однако, полученные брикеты не обладали водо- и термоустойчивостью.

1.2. Технологии брикетирования и гранулирования углей с органическими связующими

Физико-химические параметры процесса брикетирования отходов углей с органическими связующими веществами зависят от способа брикетирования, свойств исходного сырья, используемых связующих, условий упрочнения брикетов, а также от скоростей полимеризации связующих и образования различных цементирующих веществ в структуре брикетов [5-19].

При брикетировании и гранулировании углей, в том числе низкосортных, предпочтение традиционно отдается таким органическим связующим, как каменноугольная смола, пек, тяжелые нефтяные остатки, битум, отходы масложирового производства и другие из- за их высокой связующей и теплотворной способностей [5-30].

Брикетирование углей в этом случае включает такие технологические операции, как подготовка каменноугольной мелочи обычно фракцией 0-6 мм, её сушка до остаточной влажности 2-4%, дозировка и смешивание с жидким связующим и прессование.

Органические связующие отличаются высоким коксовым числом и низкой пенетрацией, которая имеет очень важное значение для брикетов.

В таблице 1.1 приведены наиболее распространенные виды органических связующих, используемые для брикетирования углей и некоторые характеристики полученных на их основе брикетов.

Японскими специалистами получен плотный легкосгораемый брикет на основе нетрадиционного органического связующего: смеси карбоксилметилцеллюлозы и водного раствора нитрата свинца Pв $(NO_3)_2$ и хлорид железа $FeCl_2$ [30, 31]. Ими было также предложено эффективное связующее, извлеченное путём обработки черного щелока крафт-бумажного производства кислотой с целью осаждения лигнина - клеящего вещества, фильтруемого в дальнейшем и повторно смешиваемого с черным щелоком.

В Австралии разработана технология брикетирования угля с 0,1 - 10% содержанием катионного смолистого продукта - галогена гидрида с

полиамидамином или такого же количества поливиниловой смолы и полиуретана в соотношении от 1: 3 [32].

Известен ряд работ, где показано, что полученные брикеты и гранулы с такими органическими связующими, как каменноугольный пек, нефтебитум, гудрон и т.д., сравнимы по своим теплотворным характеристикам с сортовым углем [33-35].

Следует отметить, что в бывшем Советском Союзе исследования в области брикетирования углей проводились в основном с органическими связующими, получаемыми при переработке нефти [36,37].

В частности, асфальтобитумные сплавы, в количестве 7-8% от массы угля позволяли достичь прочности брикетов на сбрасывание 84-95% [38].

Для получения прочных брикетов также использовались отходы целлюлозно-бумажной промышленности с добавками, улучшающими физико-химические свойства получаемых брикетов, например, лигносульфонат технический, а также полимероорганические связующие - нефтеполимерные смолы [39, 40].

В производственном объединении «Башкируголь» разработана технология брикетирования бурого угля со связующим нефтяного происхождения - нефтяным коксом [41]. Установлено, что такое связующее улучшает прочность получаемых брикетов и стойкость граней. При этом увеличиваются высшая и низшая теплота сгорания брикетов по сравнению с исходной угольной мелочью. Кроме того, введение нефтекокса в шихту существенно влияет на характер и скорость горения брикетов. Установлено также, что содержание серы в брикетах не больше, чем в угольной мелочи. Наблюдается тенденция к снижению содержания серы и золы с увеличением содержания связующего.

Таблица 1.1 - Органические связующие и основные физико - механические характеристики брикетов, полученных на их основе

№	Виды связующего	Происхождение связующего	Способы применения связующего	Характеристика брикетов	Литер. источник
I. Нефтепродукты					
	Нефтеполимерные смолы	Тяжелые остатки продуктов переработки нефти при 250-350^{0}С	Термическая обработка, добавка ПАВ	Прочные, водо- и термо- устойчивые, дымные	8, 10, 16, 17, 20, 19, 21, 24
2	Нефтяной гудрон				
3	Нефтяные битумы				
4	Кубовые остатки				
II. Производные от горючих сланцев					
1	Сланцевые смолы	Остаточный продукт переработки горючих сланцев при 340-380^0 С	Термообработка	Прочные, водо- и термо-устойчивые	34 -38
2	Дегти				
3	Битумы				
III. Производные из каменного угля					
1	Каменноугольный пек	Остаточный продукт переработки каменного угля при 360-380^0 С и отход полукоксования при 220-240^{0}С	Термообработка	Высокой термоустойчивости, токсичные	40 - 44
2	Дегти				
3	Битумы				
4	гуматы				
5	фусы				
IV. Производные из торфа					
1	Торфяные смолы	Продукты газификации и полукоксования торфа при 350^0 С	Термообработка	Неводоустойчивы,	43
2	Торфяные дегти				
V. Производные из древесины					
1	Древесные смолы	Продукты термического разложения и хим. обработки древесины 180-230^{0}С	Термообработка	Неводоустойчивы, высокосернисты	25 -2 7
2	Древесный пек				
3	Талловый пек				

4	Сульфитно-спиртовая барда				
VI. Производные из лигнина:					
1	Гидролизный лигнин	Отходы спиртового и дрожжевого производства	Термообработка при 400-600^{0}С	Неводоустойчивы	44
VII. Синтетические связующие вещества					
1	Карбамидные	$CH_2OH + CONH_2$ Синтетические смолы выпускаемые химической промышленностью	Без термообработки Отверждение катализаторами	Прочные	51 - 53
2	Фурфурол-анилиновая смола				
3	Мочевино-фурфурольные смолы				
4	Фурановые смолы				
5	Феноло-альдегидные смолы				
6	Эпоксидные смолы				
VIII. Смеси органических веществ					
1	Состав: а) Сланцевая смола смеси: в) Карбамидная смола г) фурфурол д) мочевина е) отвердитель и др.	Продукты переработки природного сырья и синтетических смол	Без термообработки С термообработкой Перемешивание	Прочные, водоустойчивые	37,53
2	Эмульсии: Битум + вода + ПАВ		Без термообработки С термообработкой Перемешивание	Прочные, Водо- и термоустойчивые	54

В работе [42] приведены результаты исследований гранулирования угольной мелочи на основе лигносульфоната- побочного продукта производства целлюлозы. Описаны особенности формирования и упрочнения гранул, связанные с физическими, химическими и структурно-реологическими свойствами лигносульфоната. Определены оптимальные технологические параметры процессов брикетирования и гранулирования.

В работе [43] показано, что сланцевый битум является хорошим связующим при брикетировании углей. Его введение в угольную мелочь фракцией до 3 мм, в количестве 7- 8 % дает хорошие результаты.

Использованию отходов масляного производства и крекинг - остатков нефтеперерабатывающей промышленности - сланцевого пека и смолы, мазутов (кубовые остатки) и нефтяных битумов для брикетирования посвящен ряд работ [44,45]. В этих работах, нефтяной битум предложен как наиболее подходящее связующее для брикетирования.

В работах [46,47] в качестве связующих при брикетировании углей использованы окисленные крекинг-остатки вторичного происхождения (продукта термического крекинга смеси экстракта фенольной очистки и каталитического газойля и асфальто-смолистых отходов).

В работе [48] разработана и рекомендована в качестве связующего композиция, состоящая из отогнанной пиролизной смолы (30%) и асфальтенового концентрата вакуумной перегонки крекинг-остатка (70%).

Исследования, проведенные в работах [49,50] по брикетированию углей различных месторождений Кыргызстана с битумом марки БН - 4 в концентрации 7-10%, показали, что из всех видов углей с фракций до 5 мм можно получить прочные брикеты. Однако, это требует многооперационную подготовку связующего.

В работе [51,52] в качестве связующего применен хлопковый гудрон - побочный продукт масло - жирового производства. Получены достаточно прочные брикеты из бурых углей с малым расходом связующих (3-4%).

Необходимо отметить, что эти связующие довольно дефицитные и не полностью удовлетворяют экологическим требованиям. При горении брикетов выделяется много сажи. Их использование требует многооперационную и трудоемкую подготовку.

Авторами в работе [53] предложен способ брикетирования угля, преимущественно бурого, в регионах, удаленных от потребителя. Способ включает измельчение угля, термообработку, смешивание со связующим и прессование. Брикеты имеют "шоколад"- образные плиточные формы и обернуты в полиэтиленовую пленку. Предлагаемый способ позволяет снизить износ брикетов при транспортировке и расход связующих.

В работе [54] авторы в шихту добавляют измельченные отходы полимерных изделий. Однако, такая добавка повышает количество летучих веществ в брикетах.

Как видно из проведенного анализа, использование органических связующих из продуктов переработки нефти позволяет получать высококачественное брикетное топливо с хорошими физико – механическими и теплотворными свойствами.

1.3. Технологии брикетирования и гранулирования углей с неорганическими связующими

Неорганические связующие вещества в основном используются в неэнергетической отрасли - в металлургической промышленности при окусковании мелкозернистых руд, рудных концентратов и различных отходов металлургических производств для подготовки сырья к некоторым сталеплавильным и ферросплавным процессам, в отдельных процессах прямого получения железа, для утилизации мелких ферросплавов и металлизованного сырья, в подготовке к плавке некоторых руд и концентратов цветной металлургии и др. [55-59].

Практически все неорганические связующие имеют кристаллизованную структуру.

Исследования возможности использования неорганических связующих для получения топливных брикетов начались лишь в последние 35 - 40 лет.

Использование неорганических веществ позволяют вовлечь в топливно – энергетический баланс страны местные минеральные ресурсы. Из-за ряда непреодолимых ограничений, которые будут показаны ниже, неорганические связующие для брикетирования углей применяются не так широко, как органические связующие.

В таблице 1.2 приведены виды неорганических связующих, используемых для брикетирования углей и некоторые характеристики брикетов.

В Англии патентована композиция для брикетирования углей - сернокислый кальцит (гипс), цемент (первая часть) с добавлением водоустойчивых компонентов - парафина, масла, силикона (вторая часть) в отношениях частей к общей массе брикетов 3 - 10% [59].

Аналогичным способом брикетируют и каменноугольную мелочь, пылевидную железную руду, колчеданные огарки, а также металлургическую мелочь [58-59]. В последнем случае готовят смесь из порошков известняка, кокса и металлургической мелочи, которую увлажняют 40% -ным жидким стеклом с высоким модулем (М колеблется от 2,5 до 4,5%). Полученную массу прессуют под большим давлением и высушивают в печи при температуре 500^0С в течении 1 – 2 мин., в результате которого на поверхности брикетов образуется упрочняющая пленка. Высушенные брикеты обладают достаточной механической прочностью и водостойкостью.

В работах [60-90] разработаны технологии получения брикетов и гранул из угольной мелочи различных месторождений Кыргызстана с помощью местного неорганического сырья - бентонитовой глины, лессового суглинка, гипса и известью. По данным авторов, по теплотехническим и механическим

характеристикам брикеты и гранулы показали удовлетворительные результаты. Однако, по данным авторов этих работ, использование указанных веществ в качестве связующего снижает с одной стороны теплотворную способность брикетов и гранул а с другой - увеличивает их зольность.

Таблица 1.2 - Неорганические связующие, используемые при брикетировании углей и основные физико - механические характеристики брикетов, полученных на их основе

№	Виды связующего	Структурный состав связующего	Способы применения связующего	Характеристика брикетов	Литерат. источник
I. Природные					
1	Глины: бентонитовые Каолиновые (лессовый суглинок)	 $Al_2O \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O$ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2$	1. Сушка 2. Измельчение	Прочные, термо-устойчивые, Неводо-устойчивые	57 - 61
2	Чугунная стружка	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	1.Термообработка, 2. ПАВ		66
3	Гипс: α - гипс β - гипс Ангидрид Эстрих-гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ $CaSO_4$ -	1. Термическая обработка 2. измельчение	Прочные, Термо-устойчивые, бездымные	60, 71
II. Искусственные					
1	Известь: негашеная гашеная	$CaCO_3$, $CaO + MgO$ $Ca(OH)_2$	1.Автоклавирование 2. ПАВ	Прочные, термо- и водо-устойчивые, бездымные	76 - 82
2	Цемент	$3CaO \cdot SiO_2 +$ $3CaO \cdot Al_2O_3$	1.Термическая обработка, 2. ПАВ	Прочные,термо-устойчивые,	86,87
3	Растворимое стекло	$Na_2O \cdot nSiO_2$	1. Сушка	Прочные, водоустойчивые	68 - 81
4	Каустический магнезит	$MgCO_3$	1. Измельчение 2. Термообработка		
5	Каустический доломит	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$			
III. Отходы промышленных производств					

1	Шлаки: Металлургические	Тонкоизмельченный гранулированный шлак с модулью 0,7-1,6	1. Измельчение 2. ПАВ	морозостойкие	61, 84
	Топливные	Отходы при сжигании Твердого топлива			
	Фосфорные	Продукты электротер-мической переработки фосфоритов			
2	Шламы: Бокситовые	Отходы переработки алюминия	1. выдерживание смеси до 7 суток 2. ПАВ	Морозостойкие прочные	72, 73
	Нефелиновые	Отходы при переработ-ке нефелиновой руды			
	Золы уноса	Отходы ТЭЦ			

1.4. Технологии брикетирования и гранулирования углей с помощью комбинированных связующих

В последнее время в технологии окускования (брикетирования и гранулирования) горючих отходов все более широкое применение находят так называемые комбинированные связующие, представляющие собой смесь органических и неорганических веществ, дополняющие друг друга по своим отдельным свойствам (водо- или термостойкости, прочности, теплотворности и др.). Такая технология с одной стороны позволяет уменьшить расход органического связующего, которую можно использовать для не топливных целей, а с другой – вовлечь в топливно – энергетический баланс страны местные минеральные ресурсы.

В отдельных случаях для улучшения упрочняющих качеств связующих, в них добавляют различные вещества, в том числе и органические. Такие комбинированные связующие показывают лучшие результаты, чем при использовании одних только неорганических связующих.

Составные части, входящие в комбинированное связующее, должны обладать несовпадающими температурными интервалами размягчения, легко смешиваться или растворяться друг в друге, способствовать цементации брикетов и отвечать требованиям, предъявляемым к связующим для брикетирования руд или отходов твердого топлива.

В Японии для брикетирования углей использованы глинозём а также портландцемент расходом до 3% от массы угля и добавлением $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, доломита Na_2CO_3, Mq O, ZnO [91]. Такая композиция способствует не только упрочнению брикета, но и обессериванию.

Хорошие результаты получены при брикетировании антрацита с 2% раствором перекиси водорода, которую добавляют небольшое количество гашеной извести и щелочи [92].

В качестве добавки к неорганическим связующим используют также и крахмал. При этом брикеты имеют достаточно хорошую прочность, термическую стойкость и лёгкую воспламеняемость [93].

В работе [94] для получения брикетов из 60-90 г пылевидного карбонизованного и 10 – 40 г спекающегося угля смешивают 1,5 – 5,0 г известняка и крахмала и формуют в цилиндрические брикеты.

В США запатентовано связующее, состоящее на 80% из MgO и полу фосфатов аммония. Разработано также связующее, состоящее на 88 - 99% и 9% из бентонита натрия, 0,1 - 5% водного раствора полимерной кислоты, 0,1 - 0,5% водо- растворимого диспергирующего агента и $NaNO_3$ [95].

В США для брикетирования угольной и коксовой мелочи успешно внедряются композиционные связующие, в состав которых входят отходы бумажного производства [96].

В Германии, для брикетирования углей использовано неорганическое связующее, представляющее собой смесь сульфитного щелока с фосфатами или силикатами, а так же связующее из глины с сульфитным щелоком. Апробированы в качестве связующего также битумно-известковые и битумно-глинистые пасты [97]. Установлено, что использование сульфитного щелока в качестве связующего материала целесообразно с подогревом свыше 100 C^o, при котором происходит быстрая полимеризация связующего.

Таблица 1.3 - Комбинированные связующие, используемые при брикетировании углей и основные физико - механические характеристики брикетов, полученных на их основе

№	Виды связующего	Структурный состав связующего	Способы применения связующего	Характеристика брикетов	Литерат. источник
1	Композиция из извести и сульфата натрия в соотношении 10:1 в присутствии воды	Механическая смесь органических связующих в воде, с ПАВ.	1.Автоклавная обработка при 150-500^0 С, 2.Пропарка брикетов	Высокой прочности	91 - 94,
2	Композиция из извести и сульфата натрия в соотношении 10:1 в присутствии ССБ			Высокой прочности	
3	Каустический магнезит с доменным шлаком или сульфатными щелоками		1.Гидротермальная обработка	прочные, водо- и термоустойчивые	
4	Эмульсии : Битум + ССБ	Механическая смесь органических связующих нефтяного и угольного происхождения с тонкодисперсными твердыми материалами.	1.Подготовка 2.Сложность дозировки	Высокой прочности, водо- и термо-устойчивые	
5	Пасты: Битумно-глинистые + вода Битумно-известковые +вода		1. Нагревание 2. Кипячение в воде	Высокие технологические свойства	95 - 97

В Индии в качестве комбинированного связующего для брикетирования углей используются крахмалосодержащие вещества в смеси с битумами и жидким стеклом, цементом, глиной и сульфатным щелоком [94].

В качестве добавочных компонентов в комбинированных связующих используют также растительные и животные продукты. Например, сульфитный щелок и сульфитно-спиртовая барда используются для получения угольных брикетов [95,96]. Однако, при этом брикеты получаются непрочными и под воздействием атмосферной влаги постепенно разрушаются.

Представляют интерес в качестве связующих для брикетирования углей отходы некоторых производств. Так, известен способ брикетирования бурых углей с бинарными связующими, согласно которому угольная мелочь подаётся на подсушку (нагревается), чтобы избавиться от влажности [97]. После этого уголь поступает в смеситель, куда подаётся горячий битум в количестве 1,5–2,5% от массы угля. Полученная масса смешивается при температуре 280 - 285^{0}С и затем шихта поступает в другой смеситель, где в неё вводится концентрат сульфидно- дрожжевой барды в количестве 6 - 7% от массы шихты. Полученная смесь подвергается прессованию. Основным недостатком этого способа является низкая влагоустойчивость брикетов и низкая механическая прочность.

В последние годы идет активный поиск специальных добавок, улучшающих качество брикетов - повышающие их прочность, бездымность, водоустойчивость и интенсифицирующие воспламеняемость брикетов .

Так, в работах, выполненных в Германии, нефтяной кокс со степенью измельчения менее 2 мм, содержанием частиц размерами менее 0,5мм 60% и выше с добавкой 3 - 6% известняка крупностью не более 0,5мм смешивают с 7% электродным пеком, и 12% мелкозернистым спекающимся углем [98]. Связующую смесь предварительно нагревают до 100 - 200 С^0, а затем смешивают при этой температуре с неспекающимся углеродистым материалом (нефтекокс). Затем смесь кокса и связующего брикетируют [99].

В работе [100] в качестве связующего вещества используются каучук, полиоксиалкиленгликоль, полиэфиргликоль, а также фенолформаль-дегидные смолы с содержанием фенолов 7 - 10%, образующих при нагревании трёхмерную сетку, упрочняющую брикеты.

В работе [101] для получения угольных брикетов предложено использовать в качестве связующего смолу, конденсирующуюся в стояках камеры коксования при охлаждении до 90% сырого коксового газа (СКГ), а также смолы, конденсирующейся в газопроводе СКГ. Смолу смешивают с углем, смесь подогревают в лопастном смесителе и формуют в вальцевом прессе.

В Российской Федерации разрабатываются различные способы брикетирования углей с комбинированными связующими. Например, в работе [102] с целью повышения термической прочности и выхода годных брикетов в шихту из антрацитовой и коксовой мелочи добавляют древесные опилки и смешивают с жидким стеклом, а затем с нефтебитумном.

В работе [103] разработана технология, согласно которой совместно смешивают и сушат торф и лигнин, а уголь измельчают и сушат отдельно, после чего его смешивают с торфолигнинной композицией, добавляют доломитовую муку, известковое молоко, а затем производят прессование.

Исследования брикетируемости углей Кыргызстана были начаты в 60 годы прошлого века. Так, в работе А. С. Джаманбаева и др. показана возможность получения брикетов из отсевов Кызыл-Кийского и Сулюктинского углей со связующими из гуматов натрия [104, 105]. Однако, полученные брикеты не обладали водо- и термоустойчивостью.

В работах [106-108], показана возможность получения качественных брикетов и гранул с применением бентонитовой глины и лессового суглинка, извести и гипса. Полученные брикеты, хотя не обладали высокими теплотворными характеристиками, имели хорошую термоустойчивость.

1.5. Технологии брикетирования древесного угля и древесных отходов

1.5.1. Технологии брикетирования древесного угля

В последние годы особое внимание исследователей привлекает технологии брикетирования и гранулирования отходов (мелочи и пыли) древесного угля.

Для древесно – угольных брикетов промышленного назначения в качестве органических связующих используются пеки, древесная, торфяная и каменноугольная смолы, лигносульфонаты, дегти, мазуты, гудроны и др. [109-112].

Оптимальной для прокаливания древесно – угольных брикетов считается температура 550 єС. Установлено, что пористость брикетов из угля березы, сосны и осины составляет соответственно 52, 54 и 52 %, реакционная способность – соответственно 88,3, 87,0 и 88,7 % [113].

В производстве бытовых древесно – угольных брикетов предпочитают использовать органические связующие типа технического крахмала, в основном его дешевые сорта (картофельный, кукурузный, маниока, тапиока и др.) [114]. При этом крахмал, который в горячей воде превращается в клейкую массу, смешивают с мелочью и пылью древесного угля и прессуют на валковом прессе.

В качестве неорганических связующих для брикетирования древесно – угольной мелочи часто используют неорганические связующие - цемент, гипс, силикаты, хлористый магний, гашеную известь, глину, растворимое стекло, каустический доломит, битумно-известковые пасты и др., хотя они увеличивают зольность брикетов [115, 116].

Существенным преимуществом технологии древесно – угольных брикетов является возможность ввода различных присадок, в качестве которых широко применяют камфору, нафталин или нитробензол для уменьшения объемов образования дыма при горении. Для ускорения сгорания брикета часто вводят нитраты, диоксид марганца, оксид меди, оксид ванадия в количестве 0,03 - 0,06%, а для замедления – минеральные

наполнители (мел, каолин, бентонит), что уменьшает производственные затраты и существенно снижает скорость горения топлива по сравнению с кусковым древесным углем [117, 118].

В целях придания приятного запаха при горении брикетов применяются добавки в виде опилок древесины, экстрактов благовонных трав, различных эссенций, эфирных душистых веществ, пряностей и др. [119].

1.5.2. Технологии брикетирования древесных отходов

В настоящее время в области окускования древесных отходов в виде брикетов и пеллет проведены многочисленные исследования разработаны технологии на достаточно высоком уровне. [120, 121].

Топливные брикеты из опилок и из других отходов древесины являются экономичным и экологичным топливом и используются во многих странах мира.

Древесные брикеты, как правило, не включают в себя вредных веществ. Специально прессованные под большим давлением и при высокой температуре брикеты имеют форму цилиндра (пеллеты). Такие топливные брикеты имеют широкое применение и используются во всех видах топок, котлов центрального и индивидуального отопления. Кроме этого, они отлично горят в каминах, печах, грилях и пр. [122].

Данный вид топлива обладает уникальными свойствами: высокая продолжительность горения (до 30 минут и более) и тления (100 минут) Это означает, что по сравнению с обычными дровами, они горят дольше. Брикеты горят с минимальным количеством дыма, не стреляют, не искрят.

Разработаны технологии выпуска пеллетов из опилок древесины без использования связующих, по которому опилки прессуются при высоком давлении 150-200 МПа и температуре 450 - 500°С[123].

В работе [124] разработана автономной установки для производства пеллет с энергообеспечением от перерабатываемого сырья. Установка изготавливает брикеты на прессовом оборудовании ударного типа.

В настоящее время в мировой практике наметилась тенденция повышения эксплуатационной и энергетической эффективности древесного топлива полученного из отходов деревопереработки путем предварительной термической обработки (торрефикации) в инертной среде при температуре 250 – 300°С и последующего его гранулирования [125]. При торрефикации из материала удаляется влага и увеличивается их теплота сгорания.

В работе [126] исследована возможность брикетирования древесных отходов, использованных для сбора нефтепродуктов с поверхности грунта и с поверхности воды для изготовления топливных брикетов. Авторами получен положительный результат. Разработана технологическая схемы утилизации опила, насыщенного нефтепродуктами. Создана и внедрена в производство технологическая схема получения топливных брикетов из древесных отходов после их использования в качестве сорбентов. Количественно определена теплотворная способность и физико-механические свойства брикетов из древесных отходов, пропитанных нефтепродуктами.

В работе [127, 128] выполнен анализ технологического процесса производства топливных гранул на основе торфа и определен оптимальный метод гранулирования. Произведена оценка влияния добавления резиновой крошки на потребительские свойства гранул на основе торфа. Полученные топливные гранулы имеют калорийность, сравнимую с калорийностью качественных углей, и в зависимости от технологии приготовления и компонентов находится в диапазоне от 11,7 до 18,8 МДж/кг. Сырьём для производства гранул могут быть торф, древесные отходы (кора, опилки, щепа и другие отходы лесозаготовки), отходы сельского хозяйства (отходы кукурузы, солома, отходы крупяного производства, лузга подсолнечника) и другие вещества.

1.6. Выводы по главе 1.

Таким образом, из анализа работ по технологиям брикетирования

твердых горючих отходов можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо вовлекать в топливно – энергетический баланс Кыргызстана теряемые в настоящее время угольную мелочь, ориентировочное количество которой составляет около 500 тысяч тонн в год и различные древесные отходы путем их окускования (брикетирования и гранулирования)..

2. Брикетирование углей Кыргызстана без связующих невозможно, так как они не содержат в необходимом количестве естественные связующие вещества.

3. Разработанные в разными авторами технологии брикетирования основываются на использовании связующих, доступных в той стране, где разрабатывались эти технологии;

4. В Кыргызстана сырьевая база органических связующих – битума и отходов масложировой промышленности сильно ограничена. Их ресурсы не позволяют применять их в промышленном масштабе для брикетирования углей.

5. При использовании для брикетирования имеющихся в достаточном количестве ресурсы местных неорганических связующих – бентонитой глины и лессового суглинка позволяют получать влаго неустойчивые брикеты с большим содержанием негорючей части – балласта и соответственно с невысокими теплотворными способностями.

6. Для осуществления брикетирования образующуюся угольную мелочь необходимо создать устойчивую базу органических связующих, используя имеющиеся природные ресурсы Кыргызстана.

1.7. Постановка задачи

Переработка горючих отходов в альтернативное топливо во всем мире считается необходимой и перспективной, поскольку сжигание подобного

топлива меньше влияет на окружающую среду по сравнению со сжиганием самих отходов топлива, снижается потребление традиционного топлива и сокращается площадь полигонов, где пришлось бы хранить отходы.

В Кыргызстане ежегодно добывается около 1, 5 млн. тонн угля и из них около – 500 тыс. тонн - в виде мелочи размерами менее 5-6 мм [1,2].

Большая часть фракции угольной мелочи размерами менее 5-6 мм теряется при добыче, транспортировке, хранении и наконец – при сжигании на колосниковых решетках печей. Причем доля выпадающей из колосниковых решеток угольной мелочи (механические потери) доходит до 30%.

Кроме этого, на деревообрабатывающих и мебельных фабриках, цехах, пилорамах в масштабах всего Кыргызстана образуется огромное количество опилок, стружки и щепы. Помимо необходимости больших складских площадей для их хранения, свежие опилки и стружки подвержены самовоспламенению. Кроме этого, в виду их малой насыпной плотности считается экономически невыгодной перевозить их на расстояние более 20-40 км.

Солома, остающаяся после уборки зерновых на полях Кыргызстана также можно рассматривать как топливное сырье. Хотя основная масса пшеничной, ячменной и рисовой соломы идет на корм домашним животным, определенную ее часть можно использовать и в виде топлива.

Осенью в садах, приусадебных участках, парках, бульварах и улицах скапливается огромное количество опавших листьев. Они портят окружающую среду. Нередко они сжигаются на местах скопления, отравляя все вокруг вредными выбросами.

Окускованием, и в первую очередь, брикетированием указанных выше отходов можно было бы вовлечь их в топливно – энергетический баланс страны, экономить другие топливные ресурсы и улучшить экологическую ситуацию. Однако, ограниченная сырьевая база связующих, особенно наиболее востребованных - органических, сдерживает полномасштабное внедрение технологии окускования горючих отходов в нашей стране.

Такая же проблема стоит и перед другими странами, не обладающими ресурсами органических связующих.

В ресурсах отходов угля, в Кыргызстане нет проблем. Их предостаточно. Однако Кыргызстан не обладает достаточной сырьевой базой для получения традиционных органических связующих для окускования углей и других отходов твердого топлива.

Оборудование для брикетирования и гранулирования отходов твердого топлива различными странами разработано и производится предостаточно. Из всей выпускаемой промышленностью различных стран, в том числе России, Украины, Германии и Китая номенклатуры оборудования всегда можно выбрать подходящий для конкретного случая по укомплектованности и производительности.

Поэтому перспективы развития технологий и масштабов окускования горючих отходов в Кыргызстане в первую очередь связаны с расширением стабильной сырьевой базы связующих веществ.

Импортируемый битум в первую очередь используется в строительстве дорог и зданий. Отходы местного масложирового производства также полностью используются в качестве корма для домашних животных.

Однако, Кыргызстан богат на растительность, среди которых встречаются те, которые содержат вяжущие и клеящие вещества. Они потенциально могут рассматриваться как источники для получения связующих, пригодных для брикетировании угольной мелочи и других горючих отходов.

В топливно-энергетическом балансе Кыргызстана ископаемый уголь играет большую роль, составляя более половины энергоресурсов, используемых населением для отопления.

На территории Кыргызской Республики находятся около 70 основных угольных месторождений, прогнозные запасы которых оцениваются в объеме более чем 2,2 млрд. тонн. Из них бурые угли занимают 67,4%, а каменные - 32, 6% [1-4].

Угольные ресурсы имеют неравномерное расположение по территории республики: 65% угля приходится на Южный Кыргызстан, 33% — на Нарынскую, 2% — на Исык- Кульскую области, и причем более 70% угольных месторождений сосредоточено в горных районах республики. Большая часть добываемого в стране угля расходуется в промышленной энергетике, 32% — в коммунальном хозяйстве, 13% — для выпуска строительных материалов [1,2].

За всю угольной промышленности Кыргызстана максимальный уровень добычи был достигнут в 1979 году – 4 млн. 508 тыс. тонн. Начиная с 1980 года происходило постепенное снижение объема добычи до 3млн 148 тыс. тонн в 1991 году. С 1991 года началось резкое уменьшение объема добычи: с 1млн 942 тыс. тонн в 1992 году до 331 тыс. тонн в 2005 году. Также уменьшился импорт угля. В настоящее время добыча углей стабилизировалась в пределах 1млн 500 тыс. тонн в год [1,2].

Бурые угли Кыргызстана по своим физико - механическим свойствам (мягкости и хрупкости) склонны легко превращаться в мелочь при добыче. В силу этого процентное содержание мелочи в добываемом угле составляет до 70%, и она, кроме как в некоторых теплогенерирующих предприятиях с котлами с камерной топкой и на кирпичных заводах, как правило, как топливо не используется. Таким образом, при объеме добычи в 1млн 500 тыс. тонн в год, ориентировочное количество угольной мелочи составляет 500 тыс. тонн. Эта – огромная цифра.

Значительное количество угольной мелочи теряется и при транспортировке – уносится ветром а также выпадает из не плотностей транспортного средства – автомобильных кузовов и железнодорожных вагонов.

При сжигании углей на слоевых топках до 30% угольной мелочи выпадает из колосниковых решеток (механические потери), что составляет значительную величину в масштабе всего Кыргызстана.

Угольная мелочь в большом количестве накапливается на местах добычи углей, на перевалочных пунктах и в большинстве случаев занимает полезные площади, создает угрозу загрязнения окружающей территории.

Ежегодно в осеннее время в садах, огородах и улицах накапливается большое количество листьев и вопреки запретам, они нередко сжигаются.

Одним из путей уменьшения потерь угольной мелочи, а также вовлечения отходов древесины, картона и листьев является их окускование – брикетирование и гранулирование.

Однако, широко распространенные на сегодняшний день технологии брикетирования и гранулирования угольной мелочи и других горючих веществ дороги в силу дороговизны используемых при этом связующих – органических горючих попутных продуктов химических и пищевых производств.

В Кыргызстане нет больших ресурсов органических связующих – нефтяных, сланцевых, торфяных и древесных или синтетических смол, нефтяных битумов, продуктов переработки природного органического сырья и.т.д. В то же время по всей территории Кыргызстана широко распространены ряд дикорастущих растений, содержащих вяжущие вещества, которые могут рассматриваться как потенциальные связующие для брикетирования углей и других горючих отходов.

Разработка приспособленной к сырьевым ресурсам Кыргызстана технологии брикетирования огромного количества бесполезно теряемой угольной мелочи и древесных отходов позволило бы вовлечь их в топливно – энергетический баланс Республики, не говоря об улучшении экологической ситуации в стране.

Целью диссертационной работы является проведение комплекса исследований и разработка научно обоснованной технологии брикетирования угольной мелочи и других горючих отходов с удовлетворительными физико - механическими и теплотехническими свойствами с помощью связующих,

получаемых из местного дикорастущего растительного сырья и исследование технико – экономических показателей разработанной технологии.

Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи:

- разработка научно обоснованной технологии получения связующих веществ из местной дикорастущей растительности, исследование их физико - химических свойств и определение их пригодности для реализации поставленной задачи;

- разработка научно- обоснованных технологии брикетирования угольной мелочи и древесных отходов с помощью связующих веществ, получаемых из местной дикорастущей растительности;

- исследование зависимости теплотворных, физико - механических и других характеристик полученных брикетов от свойств угля, древесных отходов, связующего и параметров технологии брикетирования;

- получение математических моделей зависимости физико - механических и теплотворных свойств получаемых брикетов от свойств и количественных показателей сырья, параметров процесса брикетирования и оптимизация параметров технологического процесса и состава брикетов на основе этих моделей;

- исследование и оценка экономических аспектов разработанных технологий брикетирования угольной мелочи и древесных отходов.

Последующие разделы работы посвящены решению поставленных задач.

Глава II. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ С ПОМОЩЬЮ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ

2.1. Основные характеристики низкосортных бурых углей Кыргызстана

Основную часть добываемых в Кыргызстане углей составляют бурые угли марки Б3. Они плотные, средне-метаморфизованные, имеют склонность к самовозгоранию, менее атмосфероустойчивы, плохо переходят в пластическое состояние [129-131]. Такие качества несколько снижают теплоэнергетическую ценность этих углей как топливо.

По ряду физико-химических и механических свойств бурые угли Кыргызстана отличаются от бурых углей других регионов, например, России, Украины, Казахстана, Германии и др. стран [132].

В отличие от мягких бурых и жирных углей (Донбасс, Канско- Ачинск, Германия) бурые угли Кыргызстана не могут быть брикетированы без связующего [20,132]. В них мало смолы. Это и определяет их свойства брикетируемости и свойства получаемых брикетов.

В Таблице 1.1 приведены некоторые характеристики углей, полученные в работах [] (здесь и далее - Wt - рабочая влажность угля, Wn – влажность воздушно- сухого состояния угля, Ad - зольность угля на сухую массу, S^{daf} – содержание горючей серы, V^{daf} – содержание летучих веществ в угле на горючую массу, Q^{daf} - теплотворность углей на горючую массу, Q_B и Q_H - соответственно высшая низшая теплота сгорания.

Таблица 2.1- Показатели влажности, зольности, выхода летучих веществ и удельной теплоты сгорания углей некоторых месторождений юга Кыргызстана

№	Месторождение	Показатели				
		Wt, %	Ad, %	S^{daf}, %	V^{daf}, %	Q^{daf}, $\frac{МДж}{кг}$
1.	Кызылкийское	22,2-22,0	14 -16	1,33-2,70	32,8-43,9	29,1
2.	Сулюктинское	20,0-22,0	9 -16	0,60-0,83	70 ,0-72,0	32,3
3.	Кок-Янгаксое	10,0-12,2	10-15	0,66-0,95	30,7-32,7	32,3
4.	Ташкумырское	13,3-19,5	15-18	0,66-1,05	36,8-43,3	30,3
5.	Алмалыкское	27,5-29,5	25 -27	1,54-1,55	40,0-44,3	29,5
6.	Согутинское	14,0-18,5	15-20	0,54-0,85	43,6-45,2	30,0
7.	Джергаланское	13,4-17,5	12-13	0,56-1,08	35,75-37,75	31,7
8.	Минкушское	14,0-19,3	19-25	1,30-1,67	34,6-37,7	29,8
9.	Каракичинское	15,07-8,5	9-10	0,96-2,18	36,17-39,52	28,2
10.	Кара- Добо	-	10-19	0,3-1,2	5,6- 14,1	33,4

Как видно из таблицы, угли различных месторождений отличаются зольностью, содержанием серы и летучих компонентов, влияющих на их брикетируемость.

При залеживании углей на открытом воздухе, соотношения параметров, приведенных в табл. 1.1 меняются. В табл. 1,2. приведены определенные нами характеристики углей некоторых месторождений после одного года залеживания на открытом воздухе.

Таблица 2.2 - Технические характеристики углей некоторых месторождений Кыргызстана после одного года залеживания на открытом воздухе

№	Наименование месторождение	Wt, %	Wn, %	Ad, %	V^{daf}, %	S^{daf}, %	$Q_В$, $\frac{МДж}{кг}$	$Q_Н$, $\frac{МДж}{кг}$
1.	Кызылкийское	27	11,0	12,0	49,2	1,80	17,9	16,8
2.	Сулюктинское	23	10,5	10,0	34,5	0,80	19,3	18,0
3.	Алмалыкское	25	11,5	33,4	44,3	2,05	16,6	15,3
4.	Ташкумырское	19	6,4	49,6	18,6	0,92	19,4	15,3
5.	Каракичинское	26	11,6	9,3	32,7	0,61	19,4	18,7

Сравнение данных таблиц 2.1 и 2.2 показывает, что в результате залеживания углей на открытом воздухе на сортировочных и перевалочных пунктах, подвергаясь выветриванию, их теплотворности снижаются до 30%, а влажности увеличиваются на 15-22%.

Не исключаются также случаи смешивания в уголь различных минеральных и негорючих веществ при их добыче, хранении на открытых площадках и погрузке в транспортное средство.

Средняя плотность бурых углей Кыргызстана колеблется в пределах от 1400 до 1700кг/м^3 [131,132].

Следует отметить, что прочность добытого угля практически всех месторождений Кыргызстана, в том числе исследованные – Кожокеленского, Сары – Могол (Алайский угленосный район) и Сулюктинского месторождений невысока: под воздействием атмосферных факторов кусковой уголь легко разрушается на более мелкие куски.

2.2. Характеристики и ареалы произрастания в Кыргызстане потенциальных источников сырья для получения связующих - Эремуруса и Чертополоха

В настоящее время во всем мире резко повысился интерес к биомассе как перспективному и возобновляемому сырью для получения энергии. До высоких уровней разработаны технологии получения этанола и биогаза от различных видов биомассы. Как этанол, так и биогаз используются для удовлетворения разнообразных потребностей человека в энергии – в качестве моторного топлива, топлива для получения тепловой энергии для бытовых и производственных нужд а также для получения электрической энергии на электрических станциях с двигателями внутреннего сгорания.

В природе существует много видов растений, в состав которых входят вещества, которые напрямую или переработкой можно использовать в качестве связующих веществ для различных целей. К таким веществам относится, в частности, вещество – декстрин, являющийся веществом, обладающим клеящими свойствами [133].

К растениям, содержащим декстрин относятся также Эремурус, называемый в народе «ширяш» а также Чертополох (тикенек).

Выбор нами этих двух растений в качестве объектов исследований обусловлен тем, что продукт переработки Эремуруса издавна используется в народе в качестве клеящего вещества, а Чертополох создает большие проблемы в пастбищном хозяйстве, быстрыми темпами распространяясь и вытесняя кормовые растения.

Эремурус (лат. *Eremurus*) — род многолетних травянистых растений подсемейства Асфоделовые (*Asphodelaceae*) семейства Ксанторреевые (*Xanthorrhoeaceae*).

Две разновидности Эремуруса растут на необрабатываемых территориях долин, на пастбищах, в предгорьях а также в горах Кыргызстана. Это Eremurus tianschanicus - Эремурус тяньшанский и Eremurus turkestanicus - Эремурус туркестанский [133].

Эремурус Туркестанский – более крупный, достигает высоту до 2,5 метра (рис.2.1, 2.2). Корневая система средняя, развита в глубь грунта и как показали наши эксперименты, достигает веса 350 – 370 граммов.

Эремурус тяньшанский – относительно низкорослый, достигает высоту 1,2 - 1,3 метра. Однако корневая система более мощная, разветвленная, и как показали наши измерения, достигает веса 450- 500 граммов, а некоторые экземпляры – более 500 граммов.

Весной у Эремуруса распускаются листья, а момент цветения, как показали наши наблюдения, приходится у Эремуруса Туркестанского со второй половины июня по июль, а у Эремуруса тяньшанского – со второй половины июля по август месяцы. В это время Эремурусы созревают для получения из него связующего вещества. Биология Эремуруса подробно изучена в работах [133, 134]. На рис.2.3 приведено поле, произрастающее Эремурусом.

В качестве сырья для получения клеящего вещества из Эремуруса используется в основном корневая система, которая показана на рис. 2.4 и 2.5.

Вещество, получаемое из корней эремуруса, обладающее клеящими свойствами, издавна используется в народной медицине, строительстве и ремесленниками для склеивании частей различных изделий.

Установлено, что основным веществом, составляющим клеящую основу в Эремурусе является декстрин - $n(C_{12}H_{20}O_{10})$ - полисахарид «эремуран» [133].

Рис.2.1. Эремурус туркестанский

Рис. 2.2. Эремурус туркестанский

Рис.2.3. Эремурус тяньшанский на месте естественного произрастания

Рис.2.4. Корневая система Эремуруса туркестанского

Рис.2.5. Корневая система Эремуруса туркестанского в срезанном виде

Чертополох (титкенек) - многолетнее травянистое растение высотой до 100 см и более, сильно ветвистое, липкое от железистого опущения (рис.2.6). Корень - веретеновидный. Латинское название - Carduus nutans L. либо Silybum marianum, относится к семейству сложноцветных астровых (Asteraceae) [115]. Во всем мире существует примерно 120 разновидностей этого растения.

Семена чертополоха содержат жирное масло (до 35 %), эфирное масло (0,08%), смолы, слизь, биогенные амины (тирамин, гистамин), флаванонолигнаны (2,8-3,8%) - силибин, силидианин, таксифолин, силихристин; макроэлементы (мг/г) - калий - 9,2, кальций - 16,6, магний - 4,2, железо - 0,08; микроэлементы (мкг/г)- марганец - 0,1, медь - 1,16, цинк - 0,71, хром - 0,15, селен - 22,9, йод - 0,09, бор - 22,4 и др. Семена этого растения содержат до 35% масел, которое пригодно и для технических целей [135]. Его используют для освещения, малярных работ и прочих нужд.

В последние несколько десятилетий Чертополох интенсивно распространяется по территории пастбищ Кыргызстана, вытесняя там полезные кормовые травы и кустарники и тем самым сокращая полезные

площади пастбищ. На некоторых участках они полностью вытесняют другие растения. На рис. 2.7 показано поле, захваченное Чертополохом.

Чертополох содержит клеящие вещества, из которых переработкой потенциально можно получать связующее, возможно, пригодное для получения угольных брикетов.

Рис. 2.6. Чертополох на месте произрастания

Рис.2.5. Поле, проросшее Чертополохом

Корневая система Чертополоха достигает веса 170-200 граммов (рис. 2.8, 2.9). В отличие от корневой системы Эремуруса, она древовидная, быстро затвердевает после выкапывания и становится похожим на древесину. Поэтому ее следует измельчать сразу после выкапывания.

Рис. 2.8. Стебли и корневая система Чертополоха

Рис. 2.9. Корневая система Чертополоха

Нами исследована возможность использования клеящего вещества, получаемого из семян и корней Чертополоха, произрастающего на пастбищах Ошской области в качестве связующего при брикетировании угольной мелочи и древесных отходов.

2.3. Разработка технологии брикетирования угольной мелочи с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха

Разработанная нами технология состоит из трех самостоятельных частей – технологий, каждая из которых имеет свою специфику, а именно:

1- технология получения связующих веществ из Эремуруса и Чертополоха;

2 – технология подготовки угольной мелочи;

3 –технология соединения всех компонентов будущего брикета - связующего и угольной мелочи (получение шихты) и прессование шихты с дальнейшей сушкой полученных брикетов.

Подробно рассмотрим каждую из этих технологий

2.3.1. Разработка технологии получения связующих из Эремуруса и Чертополоха

Эксперименты по получению связующих из Эремуруса и Чертополоха показали, что технология этого процесса должна состоять из следующих основных этапов (рис. 2.10):

1. Сначала выдергивают (в случае мягкого грунта) стебли Эремуруса и Чертополоха с корнями и очищаются от прилипшего грунта. Затем, прошлогодние и загнившие корни удаляются. Остальные годичные корни легкими ударами очищаются от внешней корки. В случае твердого грунта стебли скашиваются, а корни выкапываются. Семена Чертополоха собираются отдельно.

2. Очищенные корни высушиваются в тени, на открытом воздухе.

3. Высушенные корни измельчаются на соломорезке на куски длиною до 10 - 15 мм (рис. 2.11).

Затем эти куски измельчаются (растираются) в шаровой мельнице до порошкового состояния. Получающиеся порошки имеют фракционный состав 0,01-0,1 мм. Порошок из корней Эремуруса имеет светло горчичниковый цвет (рис. 2.12).

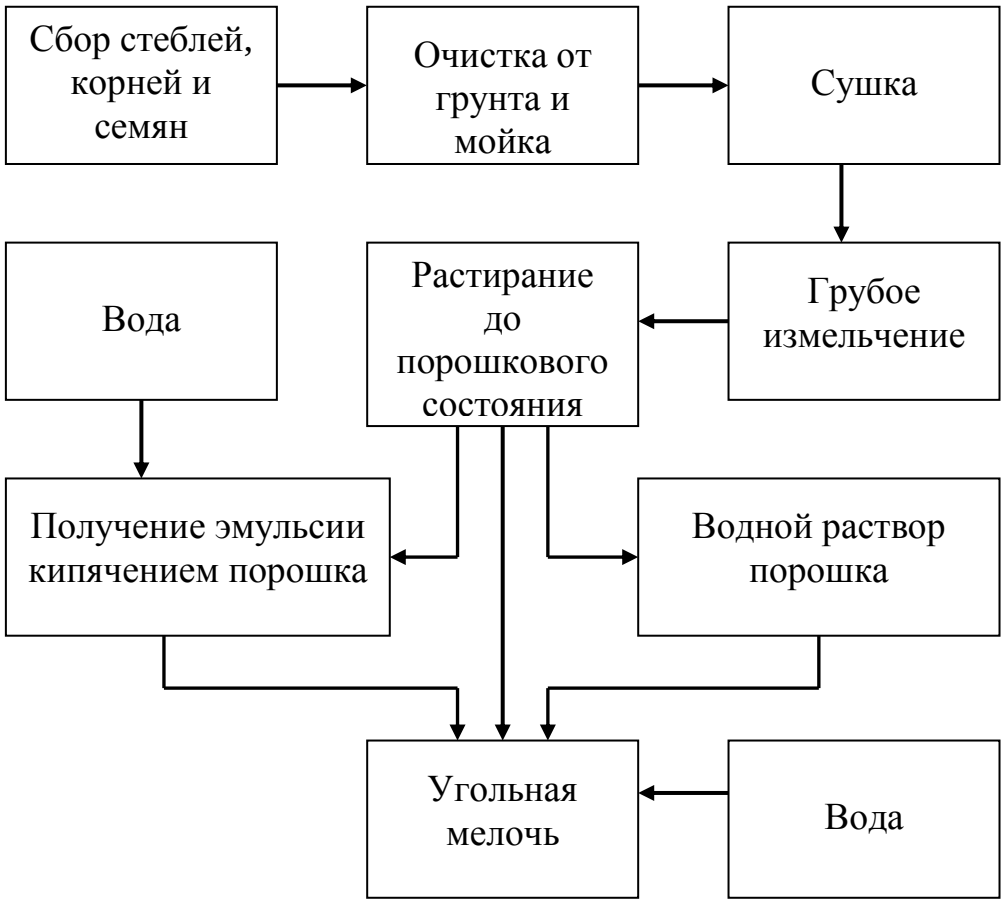

Рис. 2.10. Блок – схема технологии получения связующих из Эремуруса и Чертополоха

Рис. 2.11. Грубо измельченные и высушенные корни Эремуруса.

Рис. 2.12. Порошок, полученный из корней Эремуруса

Для получения связующего вещества из Чертополоха, нами использованы его корневая система и семена, так как по литературным данным эти две части растения содержат наибольшее количество веществ, из которых можно получать клейкое вещество – декстрин.

Процесс подготовки связующего из Чертополоха аналогичен процессу получения связующего из Эремуруса и производится по следующей схеме: сначала выдергиваются стебли Чертополоха с корнями и очищаются от прилипшего грунта. Встряхиванием отделяются семена. Корни отделяются от стебли и высушиваются. Высушенные корни измельчаются на куски до 10-15 мм (рис. 2.13). Измельченные корни и семена по отдельности измельчаются до порошкового состояния в шаровой мельнице. Затем порошки семян и корней смешиваются. Полученная смесь имеет фракционный состав до 0,5 мм и имеет зеленовато защитный цвет – цвет хаки (рис.2.14).

Рис. 2.13. Грубо измельченные корни Чертополоха

а б

Рис. 2.14. Семена (а) и порошок (б) Чертополоха.

Необходимо отметить, что корни и семена Чертополоха содержат меньше веществ, дающих декстрин, чем корни Эремуруса, поэтому следует ожидать, что для получения прочных брикетов расход связующего должен быть больше, чем в случае связующего, полученного из Эремуруса.

Корни Эремуруса и Чертополоха а также его семена содержат целлюлозу, клетчатку, крахмал и другие биополимеры, которые при переработке превращаются в один из видов декстрина [134,135].

В результате фотосинтеза в растениях образуется глюкоза $C_6H_{12}O_6$. Она превращается в растениях в крахмал и откладывается в клубнях, корнях стеблях, плодах и зернах.

Углеводы – целлюлоза, клетчатка, крахмал, сахароза и др. - основные компоненты, составляющие основу растений.

Крахмал и целлюлоза (клетчатка) - важнейшие представители полисахаридов. Их молекулы построены из звеньев - C_6-$H_{10}O_5$ - , являющихся остатками шестичленных циклических форм молекул глюкозы, потерявших молекулу воды. Поэтому состав и крахмала, и целлюлозы выражается общей формулой $(C_6H_{10}O_5)_x$ [136]. Различие в свойствах этих полисахаридов обусловлено пространственной изомерией образующих их моносахаридных молекул. Крахмал построен из звеньев б , а целлюлоза - в формы глюкозы [136].

Полисахариды – это углеводы и представляют собой сложные высокомолекулярные соединения, которые под каталитическим влиянием кислот или ферментов подвергаются гидролизу с образованием более простых полисахаридов, затем дисахаридов и, в конечном счете – множества (сотен и тысяч) молекул моносахаридов. Полисахариды, в отличие от моно – и дисахаридов не имеют сладкого вкуса.

Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_x$ в горячей воде образует коллоидный водный раствор – клейстер. С раствором йода он дает синее окрашивание (характерная реакция).

Молекулы крахмала неоднородны по величине – значение x в них колеблется от сотен до 1000 – 5000 и более [137].

При нагревании сухого крахмала до 200 – 250°С происходит частичное его разложение и получается смесь менее сложных, чем крахмал, полисахаридов, называемые декстрином.

Крахмал – биополимер, разновидность целлюлозы. В целлюлозе много мономеров крахмала. Молекулы крахмала состоят из сотен тысяч звеньев моносахаридов.

Крахмал под воздействием ферментов и кислот по стадийно подвергается гидролизу, при которых образуются декстрины (промежуточные вещества), затем мальтоза и глюкоза [138]:

$$\underset{\text{крахмал}}{(C_6H_{10}O_5)} \xrightarrow{\text{Ферменты } H^+} \underset{\text{декстирин}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + 6nO_2 \xrightarrow{\text{Ферменты } H^+} \underset{\text{мальтоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \longrightarrow \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Декстрины – продукты частичного расщепления крахмала. Следовательно, декстрины можно рассматривать как промежуточный продукт между крахмалом и глюкозой.

Благодаря наличию уникальных свойств декстрин нашел обширное применение в пищевой промышленности. Во всем мире это вещество известно как пищевая добавка Е1400 [139].

Кроме пищевого декстрина есть еще и технические виды, которые применяются при производстве синтетических и водорастворимых клеев для полиграфии. Его некоторые виды есть в составе красок для тканей и водорастворимых красок (акварелей). Их свойства определяются в первую очередь их молекулярной массой.

Для линейных декстринов голубое окрашивание с йодом наблюдается при степени полимеризации n более 47, сине – фиолетовое при 39 – 46, красно – фиолетовое при 30 – 38, красное при 25 – 29, коричневое при 21- 24. При n меньше 20 окрашенный комплекс не образуется [139]. Декстрин легко растворим в воде. Высушенный декстрин - бесцветное вещество. При

растирании дает белый порошок. Применяется в основном для получения клеящих веществ.

Для промышленного применения (в пищевой, текстильной, бумажной и т д.) промышленности декстрин получают термической обработкой картофельного или кукурузного крахмала. Степень декстринизации устанавливается по цвету продукта: слабо желтый декстрин растворим в воде на 86%, а полностью растворимы продукт имеет желтый цвет [139].

Наличие декстрина в полученных таким образом порошках Эремуруса и Чертополоха установлено нами экспериментально с помощью известного метода – при капании йода в водные растворы этих порошков последние окрашивается в фиолетовый цвет, что доказывает наличие одного из разновидностей декстрина.

2.3.2. Технология подготовки угольной мелочи к брикетированию

Для экспериментов бралась угольная мелочь из трех месторождений, расположенных на юге Кыргызстана: Кожокеленского, Сары – Могол и Сулюктинского. Эти угли отличаются между собой теплотворностью, содержанием (количеством и качественным составом) негорючих минералов (балласта) и летучих веществ (табл.1.1).

Угольная мелочь, привозимая из мест добычи (угольного карьера) имеет различный фракционный состав – от мельчайших частиц в виде порошка до нескольких миллиметров. Хотя и в небольшом количестве встречаются также и более крупные (более 1 см) частицы. Гранулометрический состав исследованных углей, привезенных из карьеров после предварительного отсева приведен в табл. 2.3.

Таблица 2.3 - Гранулометрический состав угольной мелочи после предварительного отсева

№	Месторождение	Гранулометрический состав,%				Всего, %
		до 1 мм	(1-2) мм	(2-3,5) мм	(3,5-6)мм	
1	Кожокеленское	12,9	24,7	44,2	18,2	100,0

2	Сары - Могол	21,5	20,3	45,8	12,4	100,0
3	Сулюктинское	12,7	35,1	45,9	6,3	100,0

Поэтому, для увеличения площади контактов частиц и получения прочных брикетов, нами фракционный состав угля приведен к приблизительно одному интервалу величин – до 1 мм, считающийся наиболее оптимальным.

Процесс подготовки угольной мелочи в данном случае состоит из нескольких этапов:

1- грубое отсеивание угольной мелочи на две фракции - до 5мм и более 5 мм.

2 – первичное измельчение угольной мелочи на шаровой мельнице до дисперсности до 1 мм;

3 - отсеивание угольной мелочи и отделение более крупных фракций от мелких;

4 - повторное измельчение более крупных фракций

5 – повторное отсеивание.

Данный цикл продолжается до тех пор, пока вся угольная мелочь не будет приведена к фракции с размерами частиц не более 1 мм.

Результаты технического анализа исследованных углей приведены в табл.2.4.

Таблица 2.4 - Результаты технического анализа углей различных месторождений

2.4.Брикетирование угольной мелочи с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха

Весь цикл процесса брикетирования угольной мелочи в общем случае состоит из нескольких этапов, которые впоследствии объединяются в один

этап – этап подготовки шихты, который переходит в этап прессования (рис.2.15).

В одной серии экспериментов в качестве дополнительного связующего к основным связующим - эмульсий Эремуруса или Чертополоха нами использовалась бентонитовая глина. Это делалось с целью исследования возможности замены бентонитом хотя бы части основных связующих с целью их экономии. Стоимость связующих, полученных из Эремуруса и Чертополоха, как будет показано в 4- главе работы, намного выше, чем у бентонитовой глины.

Отметим, что бентонитовая глина также является местным, дешевым минеральным (неорганическим) сырьем и широко распространена в южных регионах Кыргызстана.

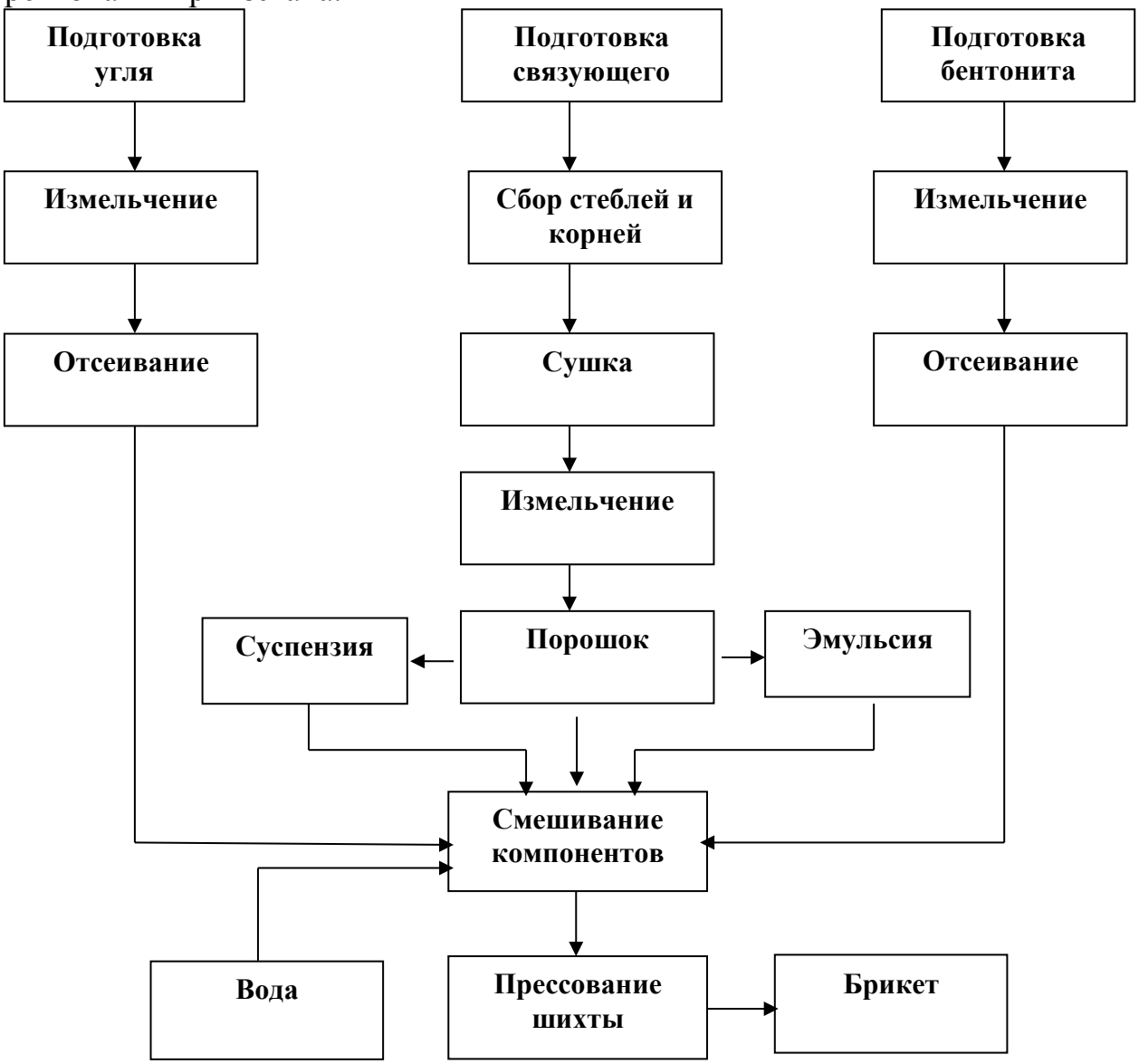

Рис.2.15. Блок-схема технологии получения угольных брикетов со связующими, полученными из Эремуруса, Чертополоха и бентонитовой глиной.

Эксперименты проводились с добавлением порошков Эремуруса и Чертополоха в шихту в четырех состояниях:

1- в виде сухого порошков Эремуруса или Чертополоха с последующим добавлением воды в процессе механического смешивания компонентов;

2- виде разбавленного с холодной водой порошка Эремуруса или Чертополоха - суспензии;

3- в виде эмульсии, полученного кипячением порошка Эремуруса или Чертополоха;

4- эмульсии Эремуруса или Чертополоха с добавлением бентонитовой глины.

Полученная смесь тщательно перемешивалась до получения однородной массы. Затем такая шихта прессовалась в стальных пресс- формах (рис. 2.16) под различным давлением до 18 МПа на гидравлическом прессе КЗФ -1736-68, с предельной нагрузкой 20 МПа и погрешностью измерения - ±2%. (рис.2.17).

Пресс – формы цилиндрической формы изготавливалась из стальных труб и имели внутренний диаметр 50 мм и высоту 70 мм. Пуансон также имел соответствующий диаметр.

Веса брикетов измерялись на электронных весах марки CAS SWH – 03 с максимальном взвешиваемым весом 3 кг и точность измерения 1 грамм.

Рис.2.16. Пресс форма и пуансон для брикетирования угольной мелочи

Рис. 2.17. Пресс гидравлический КЗФ -1736-68

Предварительные эксперименты показали, что для получения достаточно прочных брикетов наиболее оптимальными является давление прессование в 6 МПа. При этом удельное давление прессования составляет 0,305 МПа/см^2. Дальнейшее увеличение давления прессование не приводит к существенному росту прочности брикетов.

При давлениях, меньших чем 6 Мпа, частицы угля и связующего не имеют достаточно полного контакта, следовательно, и силы адгезии между частицами брикета невысоки и прочность брикетов не столь высокая.

Готовые брикеты имели диаметр 50 мм и высоту 35 – 40 мм в зависимости от заложенного в пресс – форму количества шихты. Внешние виды брикетов, полученных из углей месторождения Сары - Могол со связующими из Эремуруса в виде эмульсии приведены на рис.2.18.

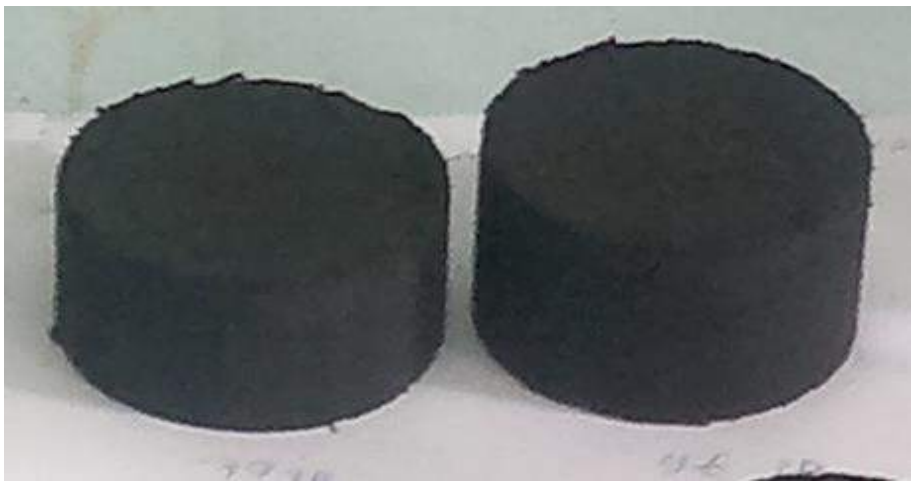

Рис.2.18. Брикеты из углей месторождения Сары - Могол, полученные со связующим - эмульсией из порошка Эремуруса.

Рис.2.19. Брикеты, из углей месторождения Сары - Могол полученные со связующим в виде эмульсии из порошка Чертополоха.

По внешнему виду брикеты, полученные из эмульсий Эремуруса и Чертополоха ничем не отличаются (рис.2.19). Брикеты, полученные добавлением бентонитовой глины имеют небольшой серый оттенок (рис.2.20).

Рис.2.20. Брикеты из углей Кожокеленского месторождения с эмульсией Эремуруса и с бентонитом

2.5. Исследование зависимости прочности брикетов от их толщины и давления прессования

Механическую прочность брикетов при одноосном сжатии определяли по ГОСТ 21289-75 «Брикеты угольные. Методы определения механической прочности», на гидравлическом прессе КЗФ -1736-68, показанном на рис. 2.17.

Для проведения испытаний отбирались 10 целых брикетов. Свежеизготовленные брикеты сушились в течение 3 суток в закрытом помещении при комнатной температуре.

Механическая прочность брикетов при одноосном сжатии определялась по формуле:

$$P_{сж} = \frac{\bar{P}_{max} \cdot d^2}{d_1^2}, \qquad (2.1)$$

где, $\overline{P}_{max}$ - среднее арифметическое значение максимального азрушающего брикета давления, МПа.

$$\bar{P}_{max} = \frac{\sum P_{max}^1}{n}, \qquad (2.2)$$

где, $\sum P_{max}^1$ - сумма значений максимальных разрушающих брикеты давления, МПа;

n – количество испытанных брикетов; d – диаметр поршня, мм; d_1 – диаметр вставного цилиндра, мм.

На рис. 2.21 и 2.22 показаны прочности брикетов от давления прессования.

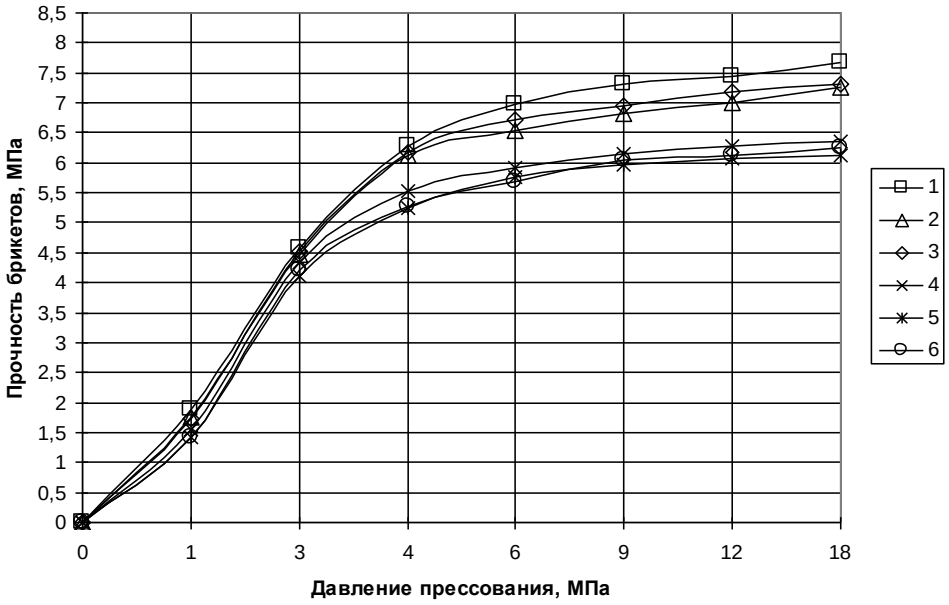

Рис.2.21. Зависимость прочности брикетов от давления прессования:

1- Брикеты из углей Кожокеленского месторождения с Эремурусом
2- Брикеты из углей месторождения Сары – Могол с Эремурусом
3- Брикеты из углей Сулюктинского месторождения с Эремурусом
4- Брикеты из углей Кожокеленского месторождения с Чертополохом
5- Брикеты из углей месторождения Сары – Могол с Чертополохом
6- Брикеты из углей Сулюктинского месторождения с Чертополохом

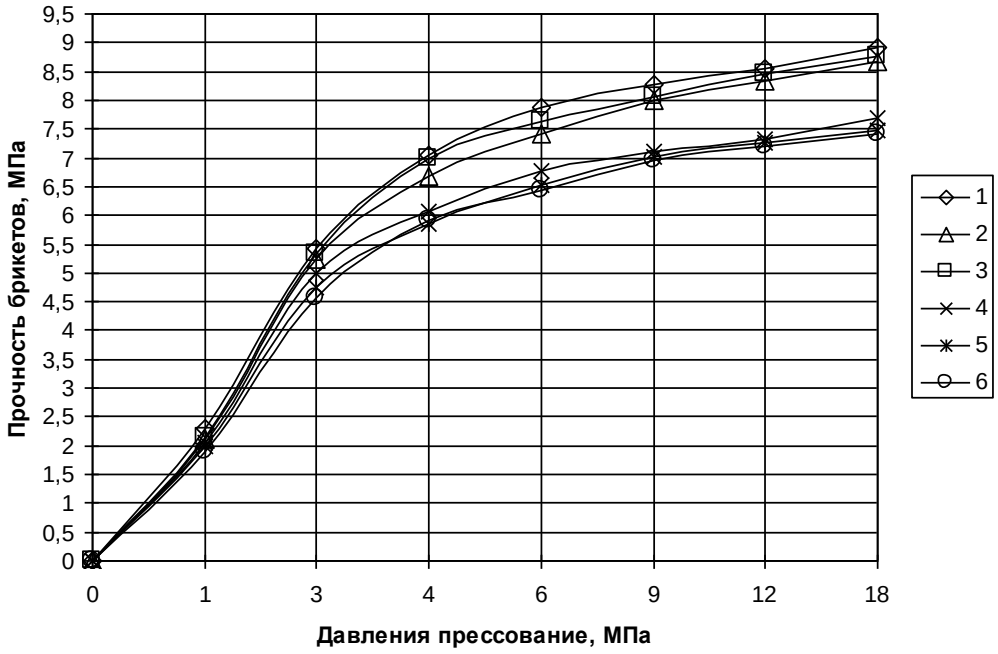

Рис.2.22. Зависимость прочности брикетов от давления прессования:

1- Брикеты из углей Кожокеленского месторождения с Эремурусом+ бентонитом;
2- Брикеты из углей месторождения Сары Могол с Эремурусом + бентонитом;
3- Брикеты из углей Сулюктинского месторождения с Эремурусом+ бентонитом;
4- Брикеты из углей Кожокеленского месторождения Чертополохом + бентонитом;
5- Брикеты из углей месторождения Сары – Могол с Чертополохом + бентонитом;
6- Брикеты из углей Сулюктинского месторождения с Чертополохом + бентонитом.

Как видно из рисунков, наибольшей прочностью обладают брикеты из Кожокеленсколго и Сулюктинского месторождений, полученные с помощью эмульсий Эремуруса с добавлением бентонитовой глины, что можно объяснить дополнительной упрочняющей ролью бентонита и составом самих углей.

Нами исследованы прочности брикетов от их толщины. На рис 2.23. и 2.24 приведены прочности брикетов различных толщин из углей различных месторождений и с различными связующими.

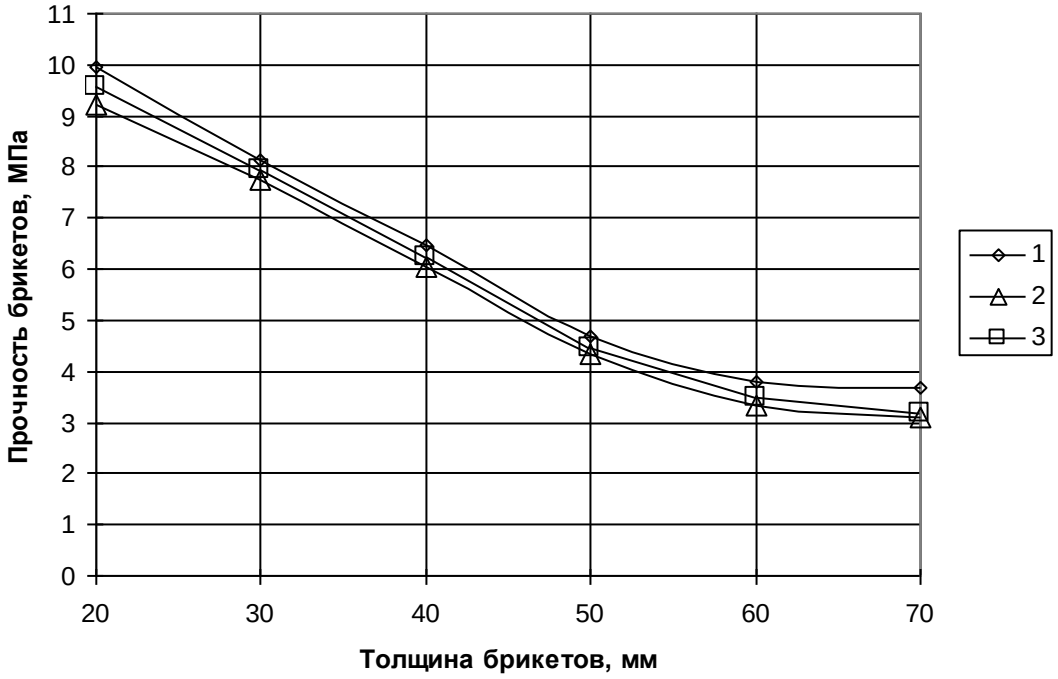

Рис.2.23. Зависимость прочности брикетов от их толщины из углей различных месторождения, полученных с эмульсией Эремуруса:

1- Брикеты из углей Кожокеленского месторождения;
2- Брикеты из углей месторождения Сары - Могол;
3- Брикеты из углей Сулюктинского месторождения.

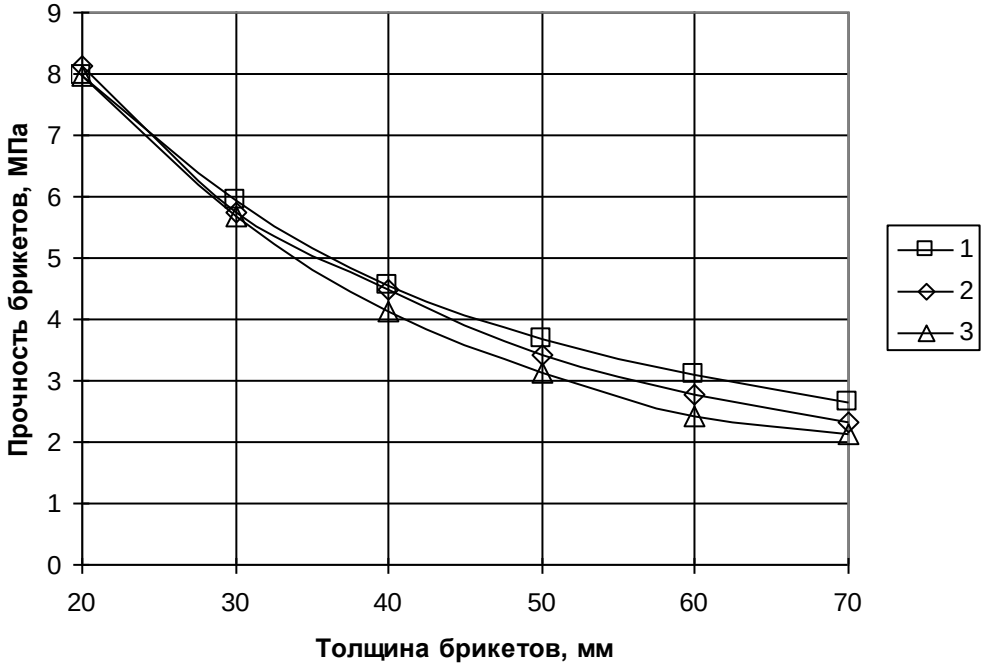

Рис.2.24. Зависимости прочности брикетов из углей различных месторождений от их толщины, полученных с эмульсией Чертополоха:
1- Брикеты из углей Кожокеленского месторождения;

2- Брикеты из углей месторождения Сары - Могол;
3- Брикеты из углей Сулюктинского месторождения.

2.6. Исследование зависимости прочности брикетов от вида и концентрации связующего

Как показали эксперименты, прочность брикетов зависит как от месторождения угля, т.е. от состава, физико – химических и механических свойств углей, так и от концентрации связующего в шихте. На рис. 2.25. и 2.26 показаны прочности брикетов углей Кожокеленского месторождения в зависимости от концентрации связующих –Эремуруса и Чертополоха, добавленных в шихту в трех видах – в виде эмульсии, суспензии и порошка.

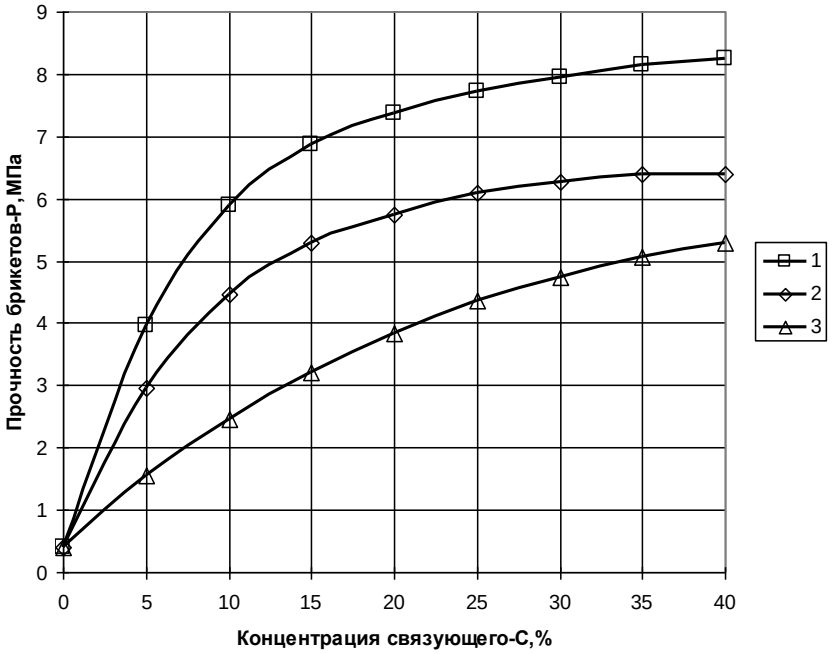

Рис.2.25. Зависимость прочности брикетов из углей Кожокеленского месторождения от концентрации связующего, полученного из Эремуруса:
1 - добавлением в шихту в виде эмульсии;
2 - добавлением в шихту в виде суспензии;
3 - добавлением в шихту в виде сухого порошка.

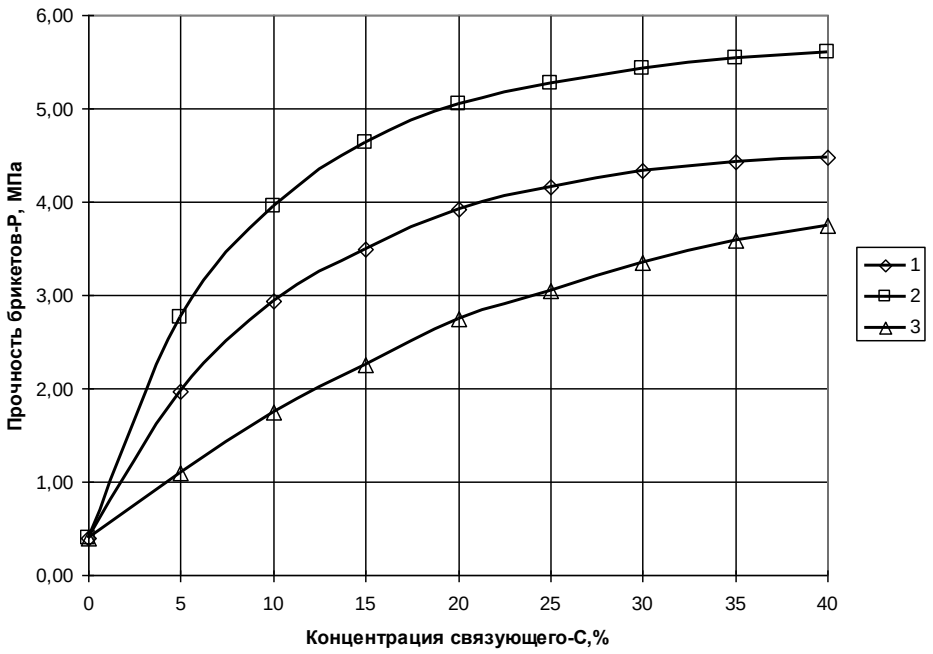

Рис.2.26. Зависимость прочности брикетов из углей Кожокеленского месторождения со связующим, полученным из Чертополоха:

1 - добавлением в шихту в виде эмульсии;
2 - добавлением в шихту в виде суспензии;
3 - добавлением в шихту в виде сухого порошка.

Связующее, полученная из порошка Эремуруса и Чертополоха в виде эмульсий, как видно из рисунка, обладают более высокими связующими свойствами, чем в случае использования связующего в виде порошка и способствуют получению более прочных брикетов.

На рис. 2.27- 2.29 приведены зависимости прочности брикетов из углей Сулюктинского, Алайского и Кожокеленского месторождений от концентрации Эремуруса, и Чертополоха, добавленных в угольную мелочь в виде эмульсии.

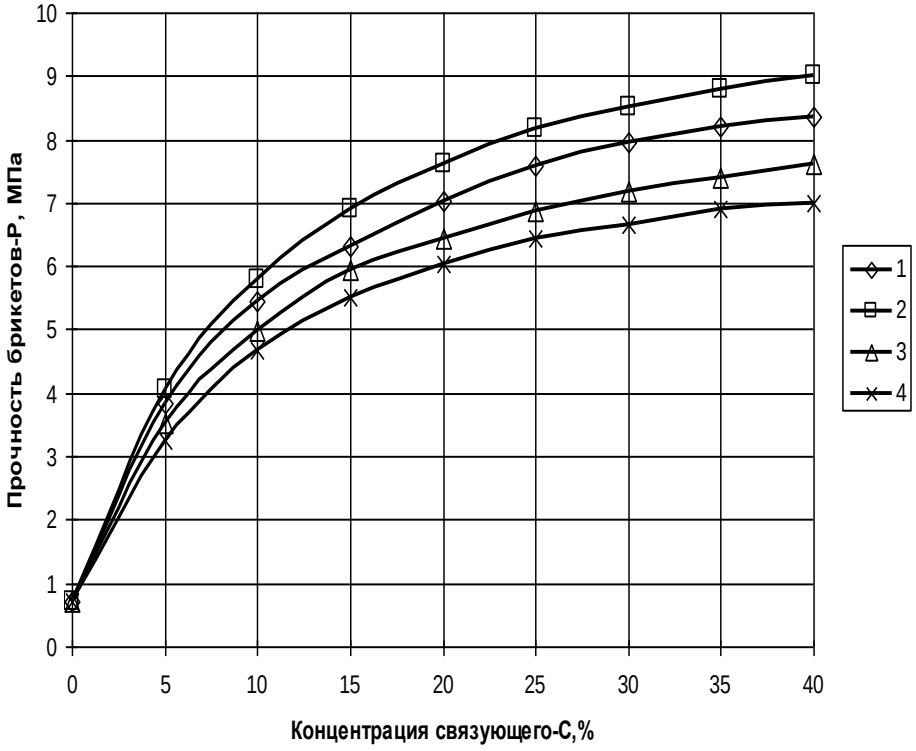

Рис.2.27. Зависимость прочности брикетов из углей Сулюктинского месторождения от концентрации связующего - эмульсии Эремуруса и Чертополоха:

1-Брикеты с Эремурусом и 10% бентонитом; 2- Брикеты с Эремурусом;
3-Брикеты с Чертополохом и 10% бентонитом; 4- Брикеты с Чертополохом;

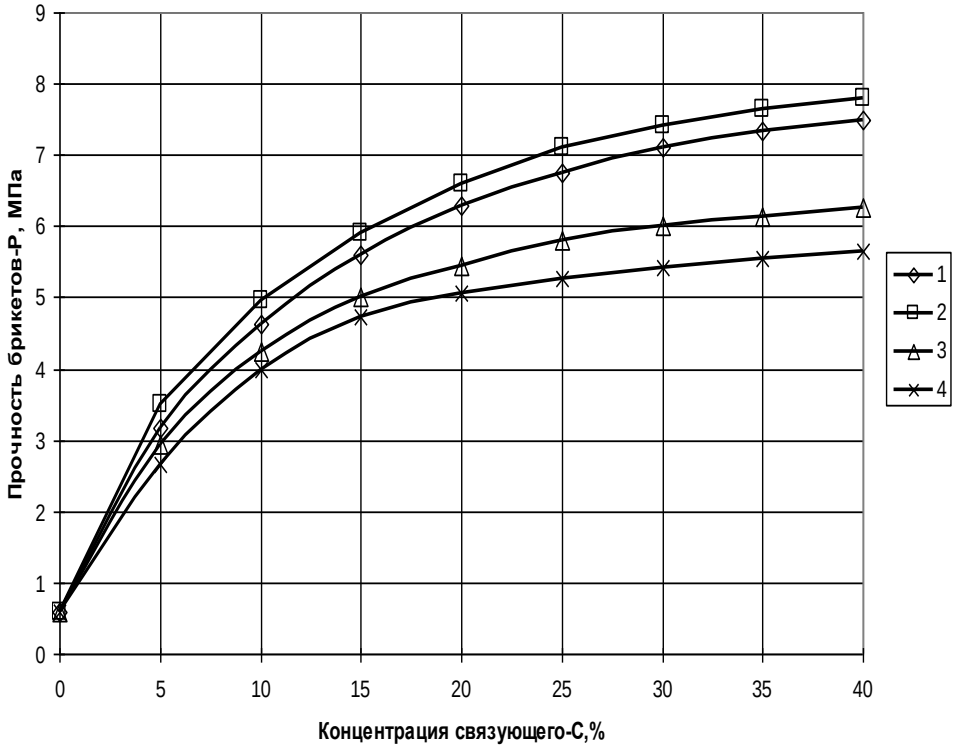

Рис.2.28. Зависимость прочности брикетов из углей месторождения Сары – Могол от концентрации связующего - эмульсии Эремуруса и Чертополоха:
1- Брикеты с Эремурусом и 10% бентонитом; 2- Брикеты с Эремурусом;
3- Брикеты с Чертополохом и 10% бентонитом; 4- Брикеты с Чертополохом;

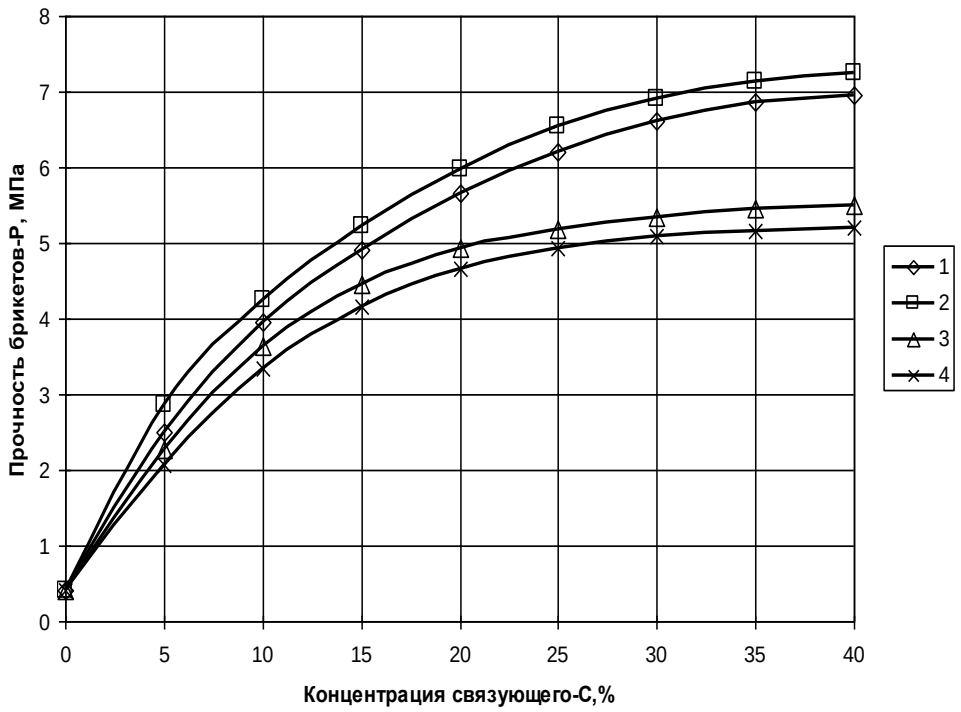

Рис. 2.29. Зависимость прочности брикетов из углей Сулюктинского месторождения от концентрации связующего - эмульсии Эремуруса и Чертополоха:
1- Брикеты с Эремурусом и 10% бентонитом; 2- Брикеты с Эремурусом;
3- Брикеты с Чертополохом и 10% бентонитом; 4- Брикеты с Чертополохом;

Как и следовало ожидать, прочности углей трех исследованных месторождений, отличаются между собой.

Наиболее прочные брикеты получаются из углей Сулюктинского месторождения и менее прочные – из углей Кожокеленского месторождения.

Как видно из рисунков, прочности брикетов с эмульсиями Эремуруса и Чертополоха зависят от их концентрации в шихте. Прочные брикеты получаются при добавлении эмульсии Эремуруса от 15-30%. Превышение концентрации 30% приводит к увеличению влажности шихты и не происходит необходимое ее сжатие. В результате этого брикеты получаются с меньшей плотностью. Рост прочности брикетов с повышением концентрации

связующего замедляется. Брикеты с удовлетворительными прочностями получаются при концентрациях эмульсии Эремуруса в шихте в пределах 18-20%, а у Чертополоха - в пределах 24-27%. Дальнейшее повышение концентрации приводит к перерасходу связующего а также увеличению влажности шихты и не происходит ее полное сжатие.

Эмульсия Чертополоха, полученная кипячением, как видно из рисунка, обладает несколько меньшими связующими свойствами, чем эмульсия Эремуруса. Это связано, по-видимому, из-за меньшего содержания декстрина в эмульсии Чертополоха по сравнению с эмульсией Эремуруса.

Эксперименты показали, что с повышением концентраций как эремуруса, так и бентонита, прочность брикетов повышается. Характер повышения прочности брикетов различна для различных степеней измельчения угля, от физического состояния добавляемого эремуруса (в виде порошка или в виде эмульсии) а также от концентрации эремуруса и бентонита.

2.7. Исследование теплотворных характеристик брикетов

Эксперименты с различной концентрацией эмульсий Эремуруса и Чертополоха показали, что с увеличением концентрации связующих, теплотворность брикетов линейно возрастает. Это объясняется увеличением в составе брикетов количества органического (горючего) вещества – Эремуруса и Чертополоха - менее калорийных компонентов. Следует отметить, что теплотворности порошков Эремуруса и Чертополоха, определенные нами в калориметрической «бомбе», составляют соответственно – 7,6 и 6,4 МДж/кг.

При увеличении концентрации негорючего компонента – бентонитовой глины – по существу балласта – теплотворность брикетов, как и следовало ожидать, снижается.

На рис. 2.30. и 2.31 показаны зависимости теплотворности брикетов от концентрации основного и вспомогательного связующего – бентонитовой глины.

Как видно из рисунков, наибольшей теплотворной способностью обладают брикеты из углей Сулюктинского месторождения. Наименьшей теплотворностью обладают брикеты, полученные добавлением в основное связующее вспомогательного связующего – бентонитовой глины.

Исходя из полученных результатов можно сказать, что теплотворность брикетов зависит от теплотворности и количественного содержания основного компонента брикетов - самих углей. Относительно небольшой вклад в теплотворность брикетов вносят концентрация связующего – эмульсий Эремуруса и Чертополоха как органические горючие вещества.

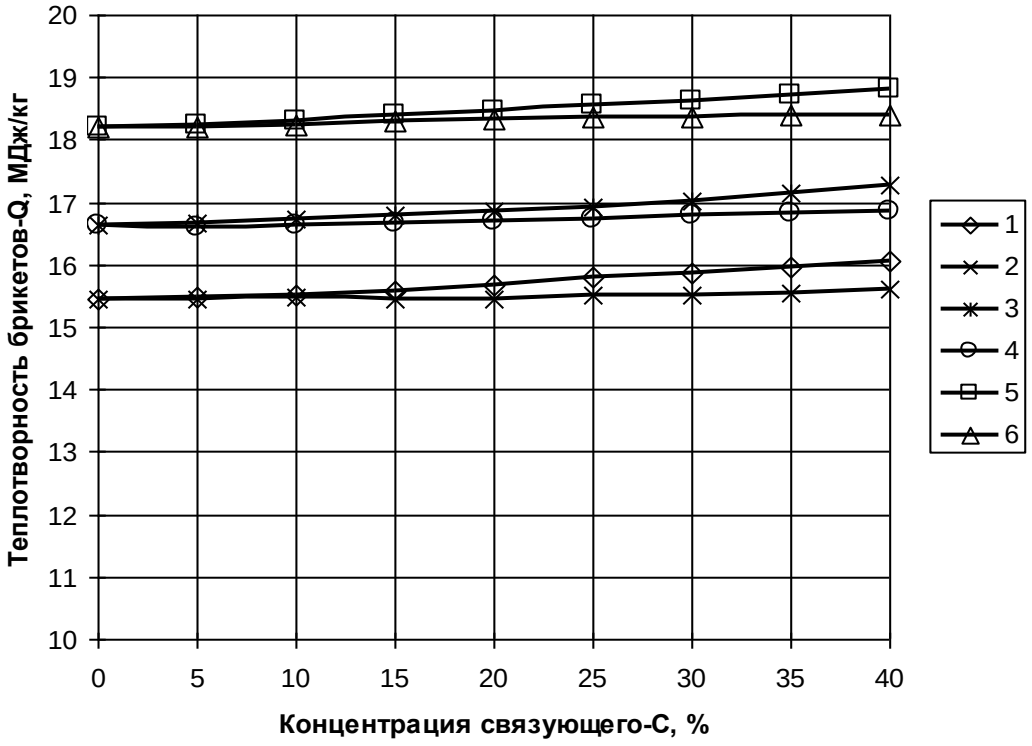

Рис. 2.30. Зависимость теплотворности брикетов из углей различных месторождения с эмульсией Эремуруса

1- брикеты из углей месторождения Сары – Могол с эмульсией Эремуруса;

2- брикеты из углей месторождения Сары – Могол с эмульсией Эремуруса и 10% бентонитом;

3- брикеты из углей Кожокеленского ского месторождения с эмульсией Эремуруса

4- брикеты из углей Кожокеленского ского месторождения с эмульсией Эремуруса+ 10% бентонит;

5- брикеты из углей Сулюктинского месторождения с эмульсией Эремуруса

6- брикеты из углей Сулюктинского месторождения с эмульсией Эремуруса + 10%бентонит.

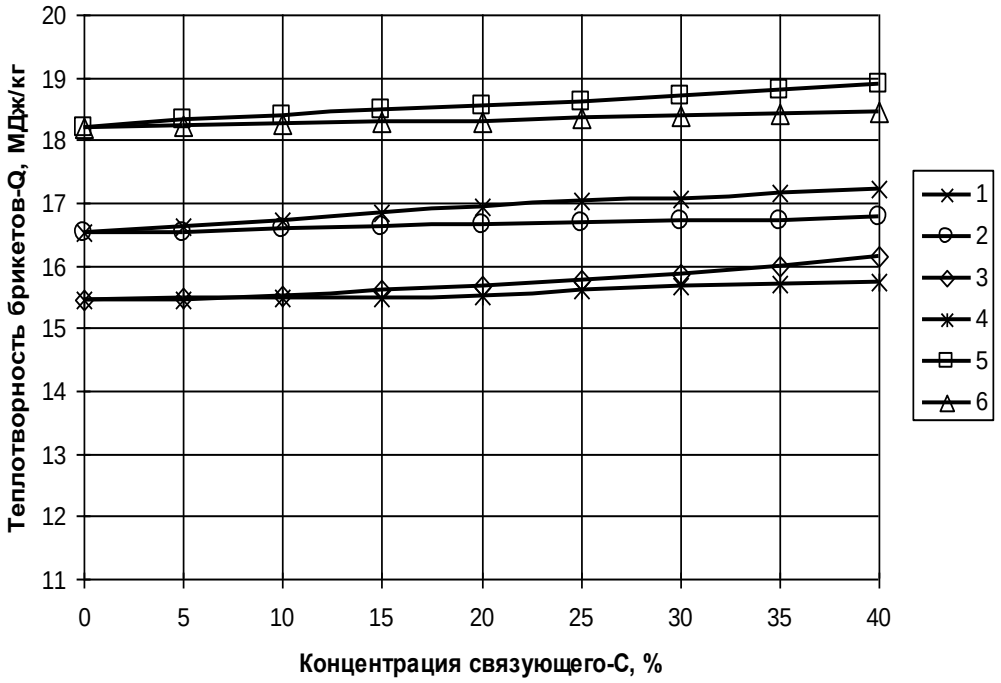

Рис.2.31. Зависимость теплотворности брикетов из углей различных месторождения с эмульсией Чертополоха

1- брикеты из углей месторождения Сары – Могол с эмульсией Чертополоха;

2- брикеты из углей месторождения Сары – Могол с эмульсией Чертополоха и 10% бентонитом;

3- брикеты из углей Кожокеленского месторождения с эмульсией Чертополоха;

4- брикеты из углей Кожокеленского месторождения с эмульсией Чертополоха+ 10% бентонит;

5- брикеты из углей Сулюктинского месторождения с эмульсией Чертополоха;

6- брикеты из углей Сулюктинского месторождения с эмульсией Чертополоха + 10% бентонит.

Теплотворности угольных брикетов, определенные экспериментально, приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Теплотворности углей и угольных брикетов с различными связующими (Эремурус - 20%, Чертополох- 24%, связующее (Эремурус + бентонит) - 20 %, при этом Эремурус -10%, бентонит -10 %)

№ пп	Угольное месторождение	Угли,		Брикеты со связующими			
		Q высш МДж /кг	Q низш МДж /кг	Эремурус МДж/кг	Эремурус +бенто-нит МДж/кг	Черто-полох МДж/кг	Черто-полох +бенто-нит МДж/кг
1.	С ары - Могол	16,83	15,44	13,92	13,12	13,62	12,91
2.	Кожокеленское	18,75	16,53	14,89	14,05	14,43	13,70
3.	Сулюктинское	19,35	18,21	16,58	15,48	16,14	15,33

2.8. Исследование водопоглощаемости и влагоустойчивости брикетов

Водопоглощаемость и влагоустойчивость являются одним из важных потребительских характеристик угольных и других топливных брикетов.

Для определения водопоглощаемости брикетов нами использовался метод, регламентированный в ГОСТ – 21290-75 - «Брикеты угольные. Метод определения водопоглощения».

Для этого, по 6 штук каждого вида брикета размещалось в стеклянный сосуд. На дне сосуда размещалась проволочная сетка - подставка для укладывания на нее брикетов.

Испытания проводились в следующем порядке:

Испытываемые брикеты взвешивали, укладывали на сетчатую подставку и опускали в сосуд с водой комнатной температуры. Начальные веса испытанных брикетов составляли от 77,48 до 83,25 граммов, т.е отличались между собой не более чем на 7%.

Брикеты лежали в воде, не касаясь друг друга и стенок сосуда, и были покрыты слоем воды не менее 30 мм.

Брикеты выдерживались в воде 2 часа, после чего подставку с брикетами вынимали из сосуда, давали стечь воде в течение 2 минут и взвешивались.

Водопоглощение брикетов (X) в процентах вычислялась по формуле

$$W = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100\% \qquad (2.3)$$

где, M_1 - масса брикетов до испытания, кг;

M_2 - масса брикетов после испытания, кг.

Далее брикеты испытывали на остаточную прочность на раздавливание, на гидравлическом прессе.

Согласно ГОСТ – 21290-75 буроугольные брикеты считают влагоустойчивыми (водоустойчивыми), если после двухчасового пребывания в воде они сохраняют остаточную прочность не менее 40 % от первоначальной.

Полученные данные по водопоглощаемости брикетов из углей Кожокеленского, Сулюктинского месторождений и месторождения Сары – Могол (в процентах) приведены в табл. 2.6 -2.8.

Таблица 2.6 - Водопоглощаемость брикетов из углей Кожокеленского месторождения, в %%.

№ пп	Связующее	W_1 %	W_2 %	W_3 %	W_4 %	W_5 %	W_6 %	$W_{ср}$ %
1	Эремурус	18,8	17,1	17,6	18,7	17,4	17,9	17,9
2	Эремурус +бентонит	20,4	21,2	20,9	21,4	20,7	20,1	20,8
3	Чертополох	19,1	18,8	18,1	19,7	19,2	18,6	18,9
4	Чертополох +бентонит	21.2	20,8	22,3	21,7	20,6	22,4	21,5

Таблица 2.7- Водопоглощаемость брикетов из углей месторождения Сары – Могол в %%.

№ пп	Связующее	W_1 %	W_2 %	W_3 %	W_4 %	W_5 %	W_6 %	$W_{ср}$ %
1	Эремурус	17,9	17,2	16,8	18,0	16,9	17.4	17,3
2	Эремурус +бентонит	19,3	18,4	20,2	21,5	22,3	19,6	20,2
3	Чертополох	18,6	18,1	17,9	18.8	17,6	18,4	18,2
4	Чертополох +бентонит	22.7	21,3	21,0	20,4	21,5	20,6	21,2

Таблица 2.8 - Водопоглощаемость брикетов из углей Сулюктинского месторождения в %%.

№ пп	Связующее	W_1 %	W_2 %	W_3 %	W_4 %	W_5 %	W_6 %	$W_{ср}$ %
1	Эремурус	19,3	18,4	18,7	18,2	19,5	19,8	18,9
2	Эремурус +бентонит	22,6	21,8	23,2	21,7	22,1	22,2	22,2
3	Чертополох	19,7	20,6	20,4	21,8	19,3	19,8	20,3
4	Чертополох +бентонит	22,3	23,1	22,6	22,9	22,4	23.3	22,8

Как видно из таблиц, влагопоглощаемость брикетов со связующими из Эремуруса и Чертополоха, и особенно с композицией из бентонита несколько выше влагопоглощаемости брикетов с органическими связующими, которые составляют не более 14 % [20], что объясняется более высокой гигроскопичностью эмульсий Эремуруса и Чертополоха и особенно, с бентонитовой глиной и самой бентонитовой глины.

Необходимо отметить, что водопоголощаемость брикетов с более крупными фракциями углей больше, сем у брикетов с мелкой фракцией. Так, водопоглолщаемость брикетов из углей фракцией 0-3 мм составляет в зависимости от месторождения углей от 26,2 до 27,6 %. Это объясняется

остающимися пустотами большего суммарного объема между частицами углей у брикетов при прессовании.

В табл. 2.9 приведены остаточные прочности брикетов после испытания на влагоустойчивость.

Таблица 2.9 - Остаточные прочности брикетов из углей Кожокеленского месторождения с различными связующими, в процентах от первоначального

№ пп	Связующее	P_1 %	P_2 %	P_3 %	P_4 %	P_5 %	P_6 %	$P_{ср}$ %
1	Эремурус	45,8	49,4	46,2	44,7	45,2	48,3	46,6
2	Эремурус +бентонит	32,3	35,3	37,4	32,6	30,7	33,8	33,7
3	Чертополох	42.1	40,4	41,8	40,7	40,0	43,6	41,4
4	Чертополох +бентонит	30,0	32,7	34,9	31,3	30,8	30,1	31,6

Таблица 2.10 - Остаточная прочность брикетов из углей месторождения Сары – Могол с различными связующими, в процентах от первоначального

№ пп	Связующее	P_1 %	P_2 %	P_3 %	P_4 %	P_5 %	P_6 %	$P_{ср}$ %
1	Эремурус	47,2	46,9	44,3	45,4	45,1	43,6	45,4
2	Эремурус +бентонит	35,8	36.4	37,2	32,5	33,7	34,0	34,9
3	Чертополох	41,8	44,3	40,9	39,2	42,9	43,5	42,1
4	Чертополох +бентонит	33,7	31,9	34,2	33,4	35,5	30,8	33,25

Таблица 2.11 - Остаточная прочность брикетов из углей Сулюктинского месторождения с различными связующими, в процентах от первоначального

№ пп	Связующее	P_1 %	P_2 %	P_3 %	P_4 %	P_5 %	P_6 %	$P_{ср}$ %
1	Эремурус	40,4	43,2	41,6	40,8	42,7	41,0	41,6

2	Эремурус +бентонит	30,5	31,3	29,8	29,4	30,6	312,2	30,4
3	Чертополох	36,1	34,2	35,6	35,8	37.2	33,5	35,4
4	Чертополох +бентонит	28,3	29,4	27,6	27,8	26,9	27,1	27,8

Прочность брикетов с более крупной фракцией угля (0-3мм) после пребывания в воде существенно ниже и составляет около 12-14 % от первоначального и разрушаются при небольших механических нагрузках.

Таким образом, можно сказать, что брикеты, полученные со связующими из Эремуруса и Чертополоха – влагоустойчивые. Брикеты, полученные добавлением в связующее бентонитовой глины – влаго неустойчивые. Следовательно, после изготовления следует их хранить на сухом, защищенном от осадков месте.

2.9. Физико – химические процессы, происходящие в конденсированной среде брикетов угольной мелочи и древесных отходов

2.9.1. Дисперсная фаза и дисперсионная среда брикетов твердого топлива

Дисперсная фаза и дисперсионная среда в брикетах, как на стадии прессования, так и в готовых брикетах находятся в трех агрегатных состояниях: твердом (Т), жидком (Ж) и газообразном (Г). Количество газообразной среды, в данном случае воздуха - строго говоря, незначительно. Воздух может находиться в пространстве между частицами компонентов брикетов.

В виде сырья все компоненты будущих брикетов – частицы угля или древесины а также связующего – порошки Эремуруса и Чертополоха находятся в твердой фазе.

В процессе приготовления связующего - эмульсии Эремуруса или Чертополоха сплошная среда является жидкой (Ж), дисперсная фаза (частицы связующего) находится в твердом состоянии (Т) а дисперсная фаза - вода – жидкая, т.е. в готовом для смешивания с угольной мелочью связующем имеет место схема (Т/Ж).

Готовые брикеты, когда практически вся физически связанная вода (за исключением воды, оставшейся в замкнутых пространствах в объеме брикетов) испаряется из брикетов, дисперсная фаза а также дисперсная среда являются твердыми, т.е. имеет место состояние (Т/Т).

Строго говоря, брикеты, полученные нами, являются сложной системой, которые состоят из трех и более фаз.

2.9.2. Взаимодействие связующей среды и дисперсной фазы в брикетах. Поверхностные явления, происходящие в процессе брикетирования угольной мелочи и древесных отходов

Шихта, т.е. смесь всех компонентов брикетов, а также готовые брикеты представляют собой связнодисперсную систему – систему, в которой дисперсная фаза не может свободно передвигаться в сплошной среде. В таких системах возникновение межмолекулярных связей между фазой и связующей средой приводит к образованию структурированных систем [141]. Связнодисперсные системы, в отличие от свободнодисперсных, обладают новыми качествами: прочностью, упругостью, пластичностью.

Большая удельная поверхность раздела фаз S в брикетах достигается за счет раздробленности дисперсной фазы. Чем меньше характерный размер частиц дисперсной фазы, тем больше удельная поверхность. Этим объясняется описанная выше более высокая прочность брикетов из углей с наименьшими размерами фракции.

Раздробленность и большая удельная поверхность раздела фаз обусловливают значительный избыток поверхностной энергии на межфазной поверхности [140,141].

Из химической термодинамики известно, что самопроизвольно протекают только те процессы, которые приводят к уменьшению свободной энергии системы. Системы с большим запасом свободной энергии термодинамически неустойчивы. Поэтому дисперсные системы, обладающие большой удельной поверхностью, следовательно, и большой поверхностной энергией термодинамический неустойчивы; в них самопроизвольно протекают процессы, приводящие к снижению свободной энергии.

Поверхностными называются явления, которые вызваны самопроизвольным уменьшением поверхностной энергии $G_{пов}$. Эти явления происходят на границе раздела фаз.

Для частиц связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха характерно укрупнение частиц твердой дисперсной фазы за счет слипания и образования более крупных агрегатов - коагуляция.

Снижение s может быть вызвано физико-химическими, электрическими, тепловыми процессами (адсорбция, адгезия, образование ДЭС). Физико-химическим процессам сопутствуют тепловые эффекты, связанные с выделением или поглощением тепла.

При смешивании всех компонентов брикетов – угольной мелочи (древесных от ходов) и связующего (эмульсии) происходит явление адсорбции – самопроизвольное концентрирование веществ по поверхности раздела фаз.

В процессе формирования брикетов частицы угля или древесные отходы являются фазой, на поверхности которой происходит адсорбция молекул связующего, т.е. они являются адсорбентами. При этом, часть связующего, находящееся в пространстве между твердыми частицами

является адсорбтивом, а прилипшая к поверхности твердых частиц – адсорбатом.

Абсолютная адсорбция A_i – количество вещества в поверхностном слое, приходящееся на единицу площади поверхности или единицу массы адсорбента [140 - 142]

$$A_i = \frac{\nu_i^s}{s} = \frac{\nu_i^s}{m}$$, моль/м^2 или моль/г (2.4)

где ν_i^s – количество *i*-го компонента в поверхностном слое (адсорбата);

s – площадь поверхностного слоя, *m* – масса адсорбента.

Избыточная, или гиббсовская, адсорбция Γ_i – избыток *i*-го компонента в поверхностном слое по сравнению с его количеством в объеме фазы, приходящийся на единицу площади поверхности. В брикетах имеет место данный вид адсорбции, так как толщина слоя связующего на поверхности адсорбента – намного больше молекулярного слоя.

$$\Gamma_i = \frac{(c_i^s - c_i^v)V_s}{s} = \frac{\nu_i^s - \nu_i^v}{s}$$, моль/м^2 (2.5)

где c_i^s, c_i^v – молярная концентрация *i*-го компонента в поверхностном слое и объеме фазы соответственно; V_s – объем поверхностного слоя; ν_i^v – количество *i*-го компонента в объеме фазы.

Если концентрация адсорбируемого вещества на поверхности значительно превышает его концентрацию в объеме, можно принять, что $\Gamma = A$. Такая ситуация наблюдается в брикетах из угольной мелочи и древесных отходов.

Поскольку все компоненты брикетов – уголь, связующее, включая бентонитовую глину, имеют сложный химический состав, уместно

предположить, что имеет место как физическая, так и химическая (хемосорбция) адсорбция.

При физической адсорбции взаимодействие адсорбента и адсорбата осуществляется за счет сил Ван-дер-Ваальса и водородных связей, а при хемосорбции – за счет образования химических связей [141,142].

Силы Ван-дер-Ваальса – физические силы межмолекулярного взаимодействия и зависят от строения взаимодействующих частиц и включают ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия [141,142].

Ориентационное, или диполь-дипольное взаимодействие возникает между полярными частицами при взаимодействии дипольных моментов. Потенциал ориентационного взаимодействия $U_{ор}$ выражается уравнением [143]:

$$U_{ор} = - м_1 м_2 (1/kT) (1/h^6) \qquad (2.6)$$

где $м_1$, $м_2$ – дипольные моменты 1-й и 2-й молекул; k – постоянная Больцмана; T – температура; h – расстояние между молекулами.

Из данного уравнения следует, что энергия ориентационного притяжения прямо пропорциональна полярности реагирующих молекул и обратно пропорциональна температуре и расстоянию.

Индукционный тип взаимодействия возникает при сближении полярной и неполярной молекул. Под влиянием дипольной молекулы у нейтральной перераспределяется заряд и индуцируется дипольный момент. Энергия индукционного взаимодействия описывается уравнением [144]:

$$U_{инд} = - м^2_1 a_2 (1/h^6) \qquad (2.7)$$

где $м_1$ – дипольный момент полярной молекулы; a_2 – поляризуемость неполярной молекулы (поляризуемость – способность электронных оболочек к деформации при воздействии электрического поля); h – расстояние между

молекулами. Как известно, индукционное взаимодействие не зависит от температуры.

Дисперсионное взаимодействие играет основную роль при взаимодействии неполярных молекул. В процессе движения электронного облака распределение зарядов становится несимметричным (т.е. возникают флуктуации электронного облака), в результате возникают мгновенные диполи, они являются причиной притяжения молекул [145].

Энергия дисперсионного взаимодействия описывается выражением [146]:

$$U_{дисп} = - (a_1 a_2 I_1 I_2) / (I_1+I_2)\, h^6 \qquad (2.8)$$

где a_1, a_2 – поляризуемость 1-й и 2-й молекул; I_1, I_2 – потенциал ионизации 1-й и 2-й молекул;

Дисперсионное взаимодействие универсально – оно существует между любыми частицами независимо от их полярности и реакционной способности. Для полярных молекул $U_{дис}$ составляет ~ 20 %, а для слабополярных достигает 100 % [146].

Следовательно, энергия межмолекулярного взаимодействия частиц, составляющих брикеты, является результатом трех составляющих. Она зависит от расстояния, дипольного момента, поляризуемости и потенциала ионизации реагирующих молекул и слабо зависит от температуры [146].

Адсорбция на частицах брикетов происходит согласно основным положениям теории Ленгмюра [146], а именно:

- адсорбция идет на активных центрах. В энергетическом отношении все активные центры одинаковы (имеет место равномерное распределение энергии по поверхности раствора).

- адсорбция идет под действием сил Ван-дер-Ваальса. На малых расстояниях эти силы очень интенсивны и характеризуются малым

радиусом действия. Поэтому только одна частица (молекула) может зафиксироваться на поверхности.

- каждый центр работает автономно.

- отсутствует миграция адсорбированных частиц вдоль поверхности раздела.

- в системе устанавливается динамическое равновесие, когда число адсорбирующихся частиц равно числу частиц, покидающих поверхностный слой (при равновесии скорость адсорбции равна скорости десорбции).

В отличие от жидкой, поверхность твердых частиц брикетов энергетически и геометрически неоднородна. Кроме того, твердые адсорбенты, как частицы угля и в особенности отходы древесины имеют поры. Наличие пор приводит к тому, что адсорбция сопровождается капиллярной конденсацией [147, 148].

Частицы угля и древесных отходов имеют большую удельную поверхность (за счет неровностей) и, следовательно, большую нескомпенсированную поверхностную энергию. Активна вся поверхность адсорбента, но есть точки с большой плотностью энергии - активные центры.

Уместно предположить, что адсорбция на угольной мелочи и древесных отходах, как на твердом адсорбенте протекает в две стадии:

Первая - диффузионная – диффузия вещества к поверхности адсорбента и вторая - собственно адсорбция.

Лимитирующей стадией, определяющей скорость всего процесса, является диффузионная. Поэтому важный фактор – перемешивание компонентов.

Вследствие геометрической неровности поверхности адсорбента величину адсорбции определяют как количество адсорбата, отнесенное к единице массы адсорбента [148,149]:

$$A = \frac{n_i}{m}$$, моль/кг. (2.9)

Как известно, твердые адсорбенты делятся на две группы: пористые и непористые. Пористость адсорбента определяется отношением суммарного объема пор $V_п$ к общему объему адсорбента $V_{адс}$:

$$П = V_п / V_{адс} \quad (2.10)$$

Различные компоненты брикетов имеют различную пористость. Например, угольные частицы относятся к непористым адсорбентам, удельная поверхность которых не превышает 500 м^2/кг [150].

Отходы древесины относятся к пористым (точнее, макропористым), их удельная поверхность доходит до 500 – 2000 м^2/кг .

Еще один компонент – бентонитовая глина относится к мезопористым адсорбентам, удельная поверхность которой доходит до 1000 м^2/кг [150].

Пористость адсорбента имеет большое значение для адсорбции: чем она выше, тем больше удельная поверхность и выше адсорбционная способность. Однако это справедливо только в том случае, если молекулы адсорбата невелики и легко могут проникать в поры, т.е. соизмеримы с размером пор.

Различают полярные (гидрофильные) и неполярные (гидрофобные) адсорбенты.

В брикетах отходы древесины и бентонитовая глина относятся к полярным адсорбентам (хорошо смачиваются водой) а уголь относится к неполярным (водой не смачиваются) адсорбентам.

Не исключено, что в частицах брикетов имеет место и ионообменная адсорбция — процесс, при котором твердый адсорбент обменивает свои ионы на ионы того же знака из жидкого раствора.

В процессе формирования брикетов большую роль играет адгезия (прилипание, сцепление, слипание) – поверхностное явление, заключающееся во взаимодействии частиц поверхностных слоев двух конденсированных фаз.

Возможны три случая адгезии: адгезия между двумя жидкостями (Ж-Ж), между жидкостью и твердым телом (Т-Ж), между твердыми телами (Т-Т). В брикетах имеет место два последних случая и они - положительные.

О величине работы адгезии $W_{адг}$, можно судить по механической прочности брикетов. Чем прочнее брикеты, тем больше работа адгезии.

Согласно закона Дюпре, работа адгезии тем больше, чем больше поверхностные натяжения субстрата и адгезива и чем меньше конечное межфазное натяжение [151,152].

При интенсивном взаимодействии частиц субстрата и адгезива молекулы поверхностных слоев проникают в противоположные фазы. В предельном случае исчезает граница раздела. Если поверхность субстрата имеет шероховатость, то это увеличивает силы адгезионного взаимодействия.

В гетерогенных системах, какими являются полученные нами брикеты, различают межмолекулярные взаимодействия внутри фаз (частицы угля, связующего) и между фазами.

Притяжение атомов и молекул внутри отдельной фазы - когезия определяет существование веществ в конденсированном состоянии и может быть обусловлена межмолекулярными и межатомными взаимодействиями различной природы. Когезионные силы иногда называют силами аттракции (притяжения).

Понятия адгезии, смачивания и растекания относятся к межфазным взаимодействиям, которые наблюдаются между конденсированными фазами, в том числе и в брикетах. Межфазное взаимодействие, или взаимодействие между приведенными в контакт поверхностями конденсированных тел разной природы, т.е. адгезия (прилипание)

обеспечивает между частицами брикетов соединение определенной прочности благодаря физическим или химическим молекулярным силам.

В то же время адгезии между двумя твердыми телами почти всегда способствует предварительный перевод хотя бы одной из фаз в жидкое состояние для увеличения молекулярно-кинетического движения и осуществления необходимого контакта, что имеет место в процессе брикетирования угольной мелочи и древесных отходов.. Поэтому, как правило, адгезия и смачивание сопровождают друг друга и соответствующим образом характеризуют межфазное взаимодействие.

На границе раздела фаз брикетов происходят также и электрокинетические явления - возникновение электрического заряда.

Экспериментально установлено, что поверхностное натяжение s зависит от электрического потенциала поверхности дисперсной фазы j и максимальное значение s наблюдается, когда поверхность не имеет заряда. Увеличение j по абсолютному значению вызывает снижение s.

В дисперсных системах самопроизвольно идут процессы, приводящие к снижению нескомпенсированной поверхностной энергии $G_{пов}$. Поскольку

$$G_{пов} = sS, \qquad (2.11)$$

при неизменной площади раздела фаз *s* снижение s приводит к уменьшению $G_{пов}$. Следовательно, появление электрического заряда на поверхности, сопровождающееся уменьшением поверхностного натяжения, – процесс самопроизвольный.

Возникновения электрического заряда на поверхности дисперсной фазы происходит в результате двух явлений:

Первое - избирательная адсорбция ионов, находящихся в растворе, на поверхности раздела фаз. Действует правило Фаянса: на поверхности твердой частицы избирательно адсорбируются ионы, которые способны

достроить ее кристаллическую решетку (входят в состав кристаллической решетки).

-второе - диссоциация поверхностных молекул твердой частицы (один из ионов переходит в раствор).

Таким образом, можно утверждать, что физико – химические процессы, происходящие в процессе формирования брикетов также подчиняются законам физики конденсированного состояния.

2.10. Математическое моделирование процесса брикетирования угольной мелочи с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха

Из результатов, полученных в предыдущем разделе работы установлено, что основные потребительские качества брикетов - прочность, теплотворность и влагоустойчивость зависят от ряда факторов: соотношения компонентов, их физического состояния, влажности шихты, гранулометрического состава угля, концентрации связующего в шихте, давления прессования, толщины брикетов и т. д.

Важными потребительскими качествами угольных брикетов являются их теплотворность и механическая прочность. Они во многом определяют конкурентоспособность брикетов.

В данном разделе работы приведены результаты математического моделирования процесса брикетирования угольной мелочи с помощью метода математического планирования эксперимента [153,154].

Теплотворность брикетов.

Из результатов предварительных экспериментов было установлено, что основными параметрами, влияющими на качество брикетов являются почти все факторы, фигурирующие в процессе брикетирования - влажность шихты – W, гранулометрический состав угля - d, концентрация связующего – C, концентрация вспомогательного связующего – бентонита - Сб, давление прессования - P, и толщина брикетов - h.

На основе предварительных экспериментов гранулометрический состав угля (до 1 мм), давление прессования (6±0,12Мпа) и толщина брикетов (35±1мм), брались постоянными. Это позволяло получать наиболее прочные брикеты. Поэтому, мы исследовали теплотворность и механическую порочность брикетов по значениям трех основных по значимости факторов: концентрация эмульсии Эремуруса (и Чертополоха) (x_1), концентрация бентонита (x_2) и влажность шихты (x_3). Выходной параметр (параметр оптимизации) - теплотворность брикетов – Q (МДж/кг).

Следовательно в нашем случае число независимых переменных-факторов k = 3.

Нами использовались планы полного факторного эксперимента типа 2^k, где k – количество варьируемых факторов, а 2 – уровни их варьирования

Верхние и нижние уровни указанных трех указанных факторов (условия планирования) были выбраны по результатам предварительных экспериментов, при которых менялся только один фактор при фиксированных значениях остальных, приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 - Условия планирования для брикетирования углей со связующим из Эремуруса и бентонитовой глины (x_1 - концентрация эмульсии Эремуруса в шихте, x_2 - концентрация бентонита в шихте, x_3 - влажность шихты)

№	Условия планирования	Ф а к т о р ы		
		x_1	x_2	x_3
1	Размерность	%	%	%
2	Интервал варьирования	10	5	10
3	Центр варьирования	10	5	20
4	Верхний уровень	20	10	30
5	Нижний уровень	0	0	10

В таблице 2.13 приведена матрица планирования для процесса брикетирования углей Кожокеленского месторождения и результаты ее реализации.

Таблица 2.13- Матрица планирования и результаты экспериментов для брикетов из углей Кожокеленского месторождения

№ опыта	Факторы и их взаимодействия							Результаты опытов			Среднее результатов
	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Q_1	Q_2	Q_3	$\bar{Q}_j$
1	+	+	+	+	+	+	+	17,9	18,4	16,6	17,63
2	-	+	+	-	-	+	-	15,4	16,2	15,9	15,83
3	+	-	+	-	+	-	-	20,7	21,1	19,3	20,37
4	-	-	+	+	-	-	+	15,7	15,5	15,2	15,47
5	+	+	-	+	-	-	-	18,7	19,3	19,9	19,30
6	-	+	-	-	+	-	+	15,8	15,4	16,2	15,80
7	+	-	-	-	-	+	+	21,3	21,4	22,2	21,63
8	-	-	-	+	+	+	-	15,8	15,2	16,1	15,70

В результате обработки данных экспериментов, реализованных согласно матрицы планирования, для зависимости выходного параметра - теплотворности брикетов от значений трех факторов для брикетов из углей Кожокеленского месторождения с Эремурусом получено следующее уравнение регрессии – математические модель процесса брикетирования:

$$Q = 16{,}623 + 0{,}215x_1 - 0{,}315x_2 + 0{,}702x_3 - 1{,}082x_{12} + 0{,}080x_{13} + 0{,}075x_{23} - 777x_{123} \quad (2.12)$$

Аналогичные эксперименты были проведены и для брикетов из рассматриваемых углей с эмульсией Чертополоха а также с бентонитовой глиной.

Условия планирования для данной серии опытов приведены в табл.2.14. Здесь верхний уровень фактора x1 – концентрации эмульсии Чертополоха в шихте бралась равной 24%, что считается оптимальной для получения прочных брикетов.

Таблица 2.14 - Условия планирования для брикетирования углей со связующими из эмульсии Чертополоха и бентонитовой глины (x_1 - концентрация эмульсии Чертополоха в шихте, x_2 - концентрация бентонита в шихте, x_3 - влажность шихты)

№	Условия планирования	Ф а к т о р ы		
		x_1	x_2	x_3
1	Размерность	%	%	%
2	Интервал варьирования	12	5	10
3	Центр варьирования	12	5	20
4	Верхний уровень	24	10	30
5	Нижний уровень	0	0	10

Зависимость теплотворности брикетов от значений трех факторов для брикетов из углей Кожокеленского месторождения с эмульсией Чертополоха описывается следующим уравнением регрессии:

$$Q = 15,171 + 0,863x_1 - 0,886\,x_2 + 0,811x_3 - 0,703x_{12} + 0,643x_{13} - 0,391x_{23} - 1,538x_{123} \qquad (2.13)$$

Рассчитанные коэффициенты уравнений регрессии для брикетов из углей различных месторождений со связующими из эмульсий Эремуруса и Чертополоха приведены в табл.2.15.

Таблица 2.15 - Коэффициенты уравнения регрессии по теплотворности брикетов из углей различных месторождений

b_0	b_1	b_2	b_3	$b_{1,2}$	$b_{1,3}$	$b_{2,3}$	$b_{1,2,3}$
Для брикетов из углей Сулюктинского месторождения с Эремурусом и бентонитом							
16,623	0,215	-0,315	0,702	-1,082	0,08	0,075	-0,777
Для брикетов из углей Кожокеленского месторождения с Эремурусом и бентонитом							
14,135	0,185	-0,345	0,065	-0,3525	0,197	0,092	0,012
Для брикетов из углей месторождения Сары – Могол с Эремурусом и бентонитом							
13,309	0,281	-0,388	0,228	-0,4738	-0,041	-0,161	-0,323
Для брикетов из углей Сулюктинского месторождения с Чертополохом и бентонитом							
16,213	0,125	-0,382	0,91	-1,002	0,07	0,027	-0,72
Для брикетов из углей Кожокеленского месторождения с Чертополохом и бентонитом							
15,171	0,863	-0,886	0,811	-0,703	0,643	-0,391	-1,538
Для брикетов из углей месторождения Сары – Могол с Чертополохом и бентонитом							
13,303	0,247	-0,672	0,347	-0,797	-0,212	0,272	-0,287

Как известно, регрессионный анализ допустим при выполнении следующих условий: значения зависимой переменной в каждом опыте-независимые, нормально распределенные случайные величины; ошибка независимого переменного пренебрежимо мала по сравнению с ошибкой зависимого переменного; дисперсии зависимой переменной при переходе от опыта к опыту однородны. При выполнении этих условий оценки коэффициентов регрессии будут состоятельными, несмещенными, эффективными и достаточными.

Проверку гипотезы нормальности распределения значений

зависимой переменной (выходного параметра) проводили с помощью W-критерия [153]. Для этого сначала образовали упорядоченную выборку зависимой переменной так, чтобы

$$Y_{u1} < Y_{u2} < \ldots < Y_{un} \qquad (2.14)$$

Мы проводили четыре параллельных опыта, т.е. одновременно с четырьмя образцами зеркал одного вида. Так что л=4.

Затем рассчитывали величину S^2, равную

$$S^2 = \sum Y_\lambda^2 - (\sum Y_\lambda)^2 / n \qquad (2.15)$$

Далее определяли еще одну вспомогательную величину b:

$$b = a_n(y_{n-1}) + a_{n-1}(y_{n-1} - y_2) + \ldots + a_{n-k+1}(y_{n-k+1} - y_k) \qquad (2.16)$$

Где k = п/2 при четном числе п и k=(n-1)/2 при нечетном n.

Значения a_{n-i+1} для I=1, 2,..., k; и для нашего случая $a_4 = 0{,}6872$ и a = 0,7071

Критерий W определяется как

$$W = b^2/S^2 \qquad (2.17)$$

Рассчитанные значения W сравнивались с табличными с принятым уровнем значимости 0,05.

Если рассчитанное значение W превышало табличное значение, то гипотеза о нормальности распределения принималась.

Для проверки гипотезы однородности дисперсии применяли критерий Кохрена, для чего рассчитывали для каждого опыта среднее арифметическое значение зависимого переменного и его дисперсию:

$$Y_u = \sum Y_{ил}/n_u;\ S_u^2 = \sum (Y_{ил} - Y_u)^2/n_u - 1 \qquad (2.18)$$

Критерий Кохрена G определяется выражением

$$G = S^2_{u\,max}/\sum S^2_u \qquad (2.19)$$

Здесь $S^2_{u\,max}$ - наибольшая из всех рассчитанных дисперсий.

Рассчитанные значения G - критерия для уровня значимости 0,05 сравнивали с табличными значениями и если расчетное значение критерия меньше табличного, то гипотеза однородности дисперсий принимается [153].

Значимость коэффициентов регрессии проверялась с помощью t-

критерия (критерий Стьюдента) [154]:

$$t = (/b_i/)/S^2\{b_i\} \qquad (2.20)$$

где b_i - i - тый коэффициент регрессии, $S^2\{b_i\}$ - его дисперсия, определяемая как

$$S^2\{b_i\} = S^2(y)/N(n-1) \qquad (2.21)$$

где $S^2\{y\}$ - дисперсия воспроизводимости, определяемая как

$$S^2\{Y\} = [1/N(n-1)]\sum\sum(Y_{uл}-Y_u)^2 \qquad (2.22)$$

Число степеней свободы этой дисперсии равно

$$н = N(n-1)$$

Если рассчитанное значение параметра t_i превышает табличное значение для уровня значимости 0,05то коэффициент b_i значимым.

Проверка гипотезы об адекватности полученной модели проводилась с использованием Фишера (F- критерия) [153,154]:

$$F = S^2_{ад}/ S^2\{Y\} \qquad (2.23)$$

где $S^2_{ад}$ и $S^2\{Y\}$ - генеральные дисперсии расчетной модели и эксперимента.

$S^2_{ад}$ определяется как

$$S^2_{ад}=\sum(Y_э-Y_p)^2/(N-k-1) \qquad (2.24)$$

где k - число факторов, N - число опытов, $Y_э$ и Y_p - соответственно экспериментальное и расчетное значения Y. Y_p получается подстановкой соответствующих значений x_i в уравнения регрессии .

Если расчетное значение критерия F меньше его найденного табличного значения для уровня значимости 0,05, при соответствующих степенях свободы $н_{ад}$ = N-n и н= N(n-1), то нуль - гипотеза об адекватности результатов эксперимента и модели принимается.

Для всех исследованных видов углей оценки коэффициентов регрессии оказались состоятельными, несмещенными, эффективными, достаточными и полученные модели (уравнения) процессов оказались адекватными с экспериментами.

Как известно, регрессионный анализ допустим при выполнении следующих условий [155-157]:

1-значения зависимой переменной в каждом опыте – независимые, норм ально распределенные случайные величины;

2-ошибка независимого переменного пренебрежимо мала по сравнению с ошибкой зависимого переменного;

3- дисперсии зависимой переменой при переходе от опыта к опыту однородны.

При выполнении этих условий оценки коэффициентов регрессии будут состоятельными, несмещенными, эффективными и достаточными.

Расчеты показали, что полученные нами уравнения регрессии по условию распределения Стьюдента значимы, по критерию Фишера адекватны [158, 159].

Таким образом, сравнение коэффициентов уравнений регрессии (2.1) – (2.3) показывает, что ростом концентрации эремуруса теплотворность брикетов возрастает, так как коэффициент при факторе x_1 положителен и наибольший из всех коэффициентов при других факторах и их взаимодействиях.

Остальные коэффициенты отрицательны и менее значимы, по сравнению с влиянием концентрации порошка Эремуруса.

С другой стороны, чрезмерное увеличение концентрации эремуруса, как показали наши исследованиями, приводит к снижению влагоустойчивости брикетов.

Прочность брикетов.

Методом математического планирования эксперимента так же были получены математические модели зависимости прочности брикетов от значений указанных выше трех факторов. С помощью полученных уравнений регрессии исследованы зависимости прочности брикетов в зависимости от параметров указанных трех факторов.

Условия и матрица планирования те же, что приведенные в табл.2. 12 и 2.13 .

В результате реализации (экспериментов) матрицы планирования для зависимости прочности брикетов из углей Кожокеленского месторождения с эмульсией Эремуруса получено уравнение регрессии:

$$P = 15,171 + 0,863x_1 - 0,886\,x_2 + 0,811x_3 - 0,703x_{12} + 0,643x_{13} - 0,391x_{23} - 1,538x_{123} \qquad (2.25)$$

В табл. 2. 16 приведены коэффициенты соответствующих уравнений регрессии для брикетов из углей Кожокеленского, Сулюктинского месторождений и месторождения Сары – Могол с различными связующими.

Таблица 2.16 - Коэффициенты уравнений регрессии по прочности для брикетов из углей различных месторождений

b_0	b_1	b_2	b_3	$b_{1,2}$	$b_{1,3}$	$b_{2,3}$	$b_{1,2,3}$
Для брикетов из углей Сулюктинского месторождения с Эремурусом и бентонитом							
4,050	0,310	- 0,425	-0,825	1,350	-0,051	-0,025	1,425
Для брикетов из углей Кожокеленского месторождения с Эремурусом и бентонитом							
4,887	0,537	-0,687	-0,887	1,637	-0,062	-0,037	1,812
Для брикетов из углей месторождения Сары – Могол с Эремурусом и бентонитом							
4,262	0,387	-0,612	-0,887	1,412	-0,112	-0,062	1,512
Для брикетов из углей Сулюктинского месторождения с Чертополохом и бентонитом							
3,451	0,101	-0,148	-0,849	1,098	-0,051	-0,001	1,098
Для брикетов из углей Кожокеленского месторождения с Чертополохом и бентонитом							
Для брикетов из углей месторождения Сары – Могол с Чертополохом и бентонитом							
4,311	0,275	-0,375	-0,902	1,421	-0,075	-0,025	1,503

Эксперименты показали, что связующее в виде эмульсии, полученное кипячением порошка Чертополоха, как видно из рисунка, обладают более высокими связующими свойствами, чем в случае использования напрямую в виде порошка и способствуют получению более прочных брикетов.

Эксперименты показали, что с повышением концентрации эмульсии Чертополоха, прочность брикетов несколько повышается.

Как видно из рисунка, зависимость прочности брикетов из эмульсии порошка чертополоха имеет оптимальный характер. Более прочные брикеты получаются при добавлении эмульсии Эремуруса от 25-27%. Превышение концентрации 27% приводит к увеличению влажности шихты и не происходит ее сжатие в достаточной степени и полученные брикеты имеют не высокую прочность.

При увеличении концентрации негорючего компонента – бентонитовой глины – по существу негорючего балласта – теплотворность брикетов снижается.

Как показали наши эксперименты, эмульсия Чертополоха как органическое связующее вещество выгодно. Чертополох распространен широко близ жилья, у дорог на полях в посевах и как сорное растение используются меры борьбы уничтожения их: зяблевой вспашкой, лущением стерней и гербицидами.

Однако, сбор и использование чертополоха в качестве связующего разрешит проблемы посевных культур и улучшит экологию.

2.11. Выводы по главе 2

Исходя из полученных в данной главе работы результатов можно сделать следующие выводы:

1. Связующие, полученные переработки биомассы дикорастущих растений Эремуруса и Чертополоха могут быть использованы в качестве связующего при брикетировании угольной мелочи.

2. Внесение связующего в виде эмульсии, полученной кипячением порошков Эремуруса и Чертополоха способствует получению более прочных брикетов, чем разбавленный в воде порошка или введенного в сухом состоянии порошка. При кипячении хорошо проявляются связующие свойства порошков Эремуруса и Чертополоха.

3. Оптимальными концентрациями эмульсий порошка Эремуруса, позволяющая получать наиболее прочные брикеты для исследованных углей являются 18-20%, а для эмульсии Чертополоха - 22-24%.

4. По механическим свойствам – прочности брикеты, полученные на основе связующих, полученных из Эремуруса больше Чертополоха – меньше.

5. По прочности, теплотворности, и водоустойчивости полученные брикеты несколько уступают брикетам и гранулам, полученным с помощью традиционных органических связующих (битума или отходов масложировой промышленности).

6. Полученные математические модели процессов брикетирования угольной мелочи позволяют раскрыть физико-механические механизмы формирования брикетов и найти оптимальные количественные соотношения компонентов и режимы технологические технологического процесса для получения наиболее качественных брикетов.

7. Возможно брикетирование мелочи низкосортных бурых углей Кыргызстана с помощью дешевых и доступных связующих, получаемых – Эремуруса и Чертополоха а также в комбинации с - минералом местного происхождения – бентонитовой глиной и получение брикетов с удовлетворительными теплотворными и прочностными характеристиками.

8. Использование бентонитовой глины в качестве вспомогательного связующего снижает теплотворность угольных брикетов на 3,3 – 3,9%, повышает прочность угольных брикетов на 4,6 - 16% в зависимости от вида угля и связующего а также увеличивает их зольность.

9. Брикеты, полученные на основе продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха более водопоглощаемые, следовательно, менее

влагоустойчивые, чем брикеты, полученные на основе традиционных связующих - битума или отходов масложировой промышленности, что объясняется влагоотталкивающими свойствами последних.

10. Брикеты, полученные на основе связующих из Эремуруса и Чертополоха следует хранить в сухом и защищенном от попадания осадков месте.

11. Для широкого использования порошка Эремуруса в качестве связующего необходимо расширить площади его естественного произрастания а также выращивать его в промышленных масштабах.

Глава III. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ

В нашей стране, не имеющей промышленно перерабатываемые естественные лесные ресурсы и соответственно крупные деревообрабатывающие предприятия, древесные отходы образуются при переработке импортируемой древесины на небольших деревообрабатывающих предприятиях, цехах в виде щепок, стружек и опилок. Кроме этого, образуются отходы древесностружчатых, древесноволокнистых плит и фанеры при их использовании в ремонтно – строительных работах. Также в большом количестве образуется отходы деревянной и картонной тары при ее эксплуатации.

Ежегодно, в осенний период года в садах, бульварах и парках в большом количестве скапливаются опавшие листья.

В то же время древесные отходы могут сыграть большую роль в решении энергетических проблем, как возобновляемый источник энергии.

3.1. Энергетические характеристики и состав древесных отходов

Большой проблемой является переработка мягких древесных отходов,

большая часть из которых остается невостребованной и скапливается на территориях предприятий, несанкционированных свалках, создавая пожароопасную обстановку и ухудшая экологическую ситуацию. Все эти отходы древесины могут быть переработаны в топливные брикеты.

В данном разделе работы исследована возможность брикетирования указанных отходов с помощью связующих, рассмотренных в предыдущей главе работы.

Древесина является органическим, пористым, негомогенным материалом растительного происхождения, имеющим сложный химический и компонентный состав.

Органическая часть древесины и других растительных образований состоят в основном из углеводов и в меньшей степени из белков, жиров, восков и смол, входящих в состав растительных клеток или заполняющих межклеточное пространство растительной ткани [160].

Основными компонентами углеводов являются целлюлоза $(C_6H_{10}O_5)_x$, из которой построены стенки клеток, гемицеллюлоза, представляющая собой гидролизирующуюся часть целлюлозы, и лигнин – особое инкрустирующее вещество, заполняющее межклеточные промежутки ($C_9H_{24}O_{10}$) [160].

Содержание целлюлозы в органической части многоклеточных растений в зависимости от породы и возраста древесины достигает 60 %, содержание лигнина 20 - 30 %. Растительная ткань пропитана водой, в которой растворены различные минеральные соли, образующие при сжигании древесины золу [160].

Содержание солей в древесине обычно составляет около 1 %. Так, в сосновой древесине содержание минеральных солей составляет до 0,21 %; в березовой – 0,29…0,38 %. Однако в коре, листьях (а также в стеблях однолетних растений) содержание минеральных примесей значительно больше и колеблется в зависимости от вида древесины от 5 до 8,7% [160].

Отходы древесины как возобновляемый источник энергии с нейтральным уровнем эмиссии CO_2 могут эффективно использоваться в

решении энергетических проблем. Однако, проблема переработки отходов древесины, особенно мягких в виде опилок, в энергоносители до сих пор остается актуальной во всем мире, что связано с одной стороны с их низкой теплотворной способностью и энергетической плотностью, неоднородным гранулометрическим составом, а с другой – сложностью и высокой стоимостью теплогенерирующего оборудования для их сжигания.

Одним из направлений устранения рассмотренных недостатков является увеличение насыпной плотности, снижение технологической влажности и повышение теплового потенциала специально приготовленного древесного топлива. Для этого применяют технологии производства древесных брикетов и пеллет.

В настоящее время в мировой практике наметилась тенденция повышения эксплуатационной и энергетической эффективности древесного топлива путем торрефикации, заключающейся в медленном нагреве (скорость нагрева не более 50°С/мин.) древесиныв инертной среде при температуре 250 - 300 ^{o}С [160]. В результате такого процесса термического преобразования древесины, в том числе мягких древесных отходов, получается твердый однородный гидрофобный биологически стойкий продукт с минимальным содержанием влаги, более высоким содержанием энергии по сравнению с первоначальной массой. При потере 30 % начальной массы сохраняется до 90% энергии, содержащейся в исходной древесине. Происходит уплотнение потенциальной энергии за счет извлечения из древесины влаги, а также летучих веществ, образующихся в ходе распада гемицеллюлозы и частичного разложения целлюлозы и лигнина.

В таблице 3.1. приведены состав и некоторые характеристики древесной растительной биомассы [(по данным FinBio и РУП «БЕЛТЭИ») [http://www.termowood.ru/hdo.html].

Таблица 3.1 – Свойства первичных видов древесного топлива и топливной древесины.

Вид древесного топлива	Относительн. влажность	Насыпная плотность	Низшая рабочая теплотворная способность		Золосо-держание
	%	кг/м3	квт*ч/кг	МДж/кг	%
Опилки	45-60	250-350	2,54-1,66	9,15-5,97	0,4-0,5
Стружка столярного производства	5-15	80-120	4,9-4,3	17,6-15,5	0,4-0,6
Щепа из отходов деревообработки	10-50	150-300	4,6-2,25	16,6-8,1	0,4-1
Щепа из отходов лесопиления	45-60	250-350	2,54-1,66	9,15-5,97	0,5-2
Щепа от лесозаготовки	50-60	250-400	2,25-1,66	8,1-5,97	1-3
Щепа от целых деревьев	45-55	250-350	2,54-2,47	9,15-8,9	1-2
Щепа от окорки	40-55	250-350	2,84-2,47	10,2-8,9	0,5-2
Щепа от пней	30-50	200-300	3,43-2,25	12,3-8,1	1-3
Кора берёзы	45-55	300-400	2,54-2,47	9,15-8,9	1-3
Кора мягких пород дерева	50-65	250-350	2,25-1,36	8,1-4,9	1-3
Утиль древесины	15-30	150-250	4,3-3,43	15,5-12,3	1-5
Древесная пыль	5-15	100-150	4,9-4,3	17,6-15,5	0,4-0,8
Фанерные отходы	5-15	200-300	4,9-4,3	17,6-15,5	0,4-0,8

На состав минеральных примесей древесных отходов оказывает влияние также предыстория их появления. Например, в отходах с мебельных фабрик, где в производстве используются разные клеи, имеется особенно повышенное содержание щелочей. Предыстория отходов резко влияет не только на состав их минеральной части, но и на все их характеристики как энергетического топлива, в том числе и на их

брикетируемость.

Сама природа древесины мало влияет на состав ее органической части. Состав органической массы древесины разных пород может характеризоваться следующими усредненными данными: C^o = 50 %; H^o = 6 %; O^o = 43 %, N^o = 0,43 %; S^o = 0 %; зольность сухой массы такой древесины A^d = 1…2 %; содержание влаги у растущего дерева W^r = 45…65 %, а при хранении на воздухе древесины в течение 1,5 - 2 лет ее влажность снижается до 18 - 20 % [160].

Так как состав органической массы древесины достаточно стабилен для разных пород (а величина зольности мала), на теплоту сгорания ее существенное влияние оказывает содержание влаги.

В целом, для древесной биомассы показательны следующие энергетические характеристики, оказывающие существенное влияние на ее поведение в технологическом цикле при производстве тепловой и электрической энергии:

1. Состав органической массы достаточно стабилен и составляет на сухую массу: содержание углерода C^d = 45 - 53 %, водорода H^d = 5 - 6 %, кислорода O^d = 37 - 45 %, азота N^d = 0,3 - 1,2 %.

2. Теплота сгорания, в зависимости, главным образом, от влажности колеблется в пределах 7 - 15 МДж/кг. При среднем составе на горючую массу: C^{daf} = 50 %; H^{daf} = 6 %; O^{daf} = 43 %; N^{daf} = 1 % и при влажности W^r = 42 % величина Q^r_i =10,2 МДж/кг.

3. Высокая реакционная способность, определяемая величиной выхода летучих веществ, составляет V^{daf} = 80 - 90 % на горючую массу.

4. Высокая склонность к самовозгоранию, определяется величиной критерия взрываемости $К_т \geq 8$.

5. Колебания влажности, в широком диапазоне, в зависимости от способа получения биомассы и условий ее хранения – от 8 до 60 % (в среднем 20 - 60 %) и в отдельных случаях до 80 %.

6. Плотность древесной массы в 3…5 раз ниже плотности угля – (300 - 500 кг/м^3) по сравнению с 1400 кг/м^3 для угля.

8. Волокнистая структура материала, что вызывает определенные трудности при брикетировании др.).

9. Широкий диапазон изменения гранулометрического состава исходной древесной биомассы (опилки –до 8 мм; щепа- до 100 мм; кругляк, после расщепления, 5 - 35 мм и др.).

10. Весьма благоприятные экологические характеристики:

– низкая зольность (на сухую массу- в среднем 2 %) – от 1,6 до 5,0 % (отдельные значения достигают 6 %);

– низкое содержание серы (от полного отсутствия до 0,1 в среднем), достигая максимум 0,18 % на сухую массу;

– ограниченное содержание азота – в среднем 0,25 - 1,0 %, достигая для отдельных видов отходов до 2…3 % на сухую массу;

– способность не увеличивать в атмосфере содержание парникового углекислого газа от сжигания древесной биомассы.

Нами экспериментальным путем - сжиганием в калориметрической «бомбе» по методике, изложенной в ГОСТ 147-95 определены теплоты сгорания опилок, соломы и опавших сухих листьев (смесь листьев тополя, урюка, яблони), результаты которых приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 - Теплоты сгорания древесных опилок, соломы и опавших сухих листьев

Вид древесного отхода	Относи-тельн. влажность %	Насыпная плотность кг/м^3	Низшая теплотворная способность МДж/кг	Золосо-держание %
Опилки	20-25	90-120	9,15-5,97	0,4-0,5
Солома	5-15	70-110	17,6-15,5	0,4-0,6
Опавшие листья сухие	15-20	60-80	8,15-5,8	0.4-0,6

3.2. Разработка технологии брикетирования древесных отходов с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха

Для экспериментов с брикетированием мы брали следующие древесные отходы:

- древесные опилки, получающиеся при распиловке сосновых, лиственных, пихтовых и тополиных пород древесин на ленточной пилораме;
- солома пшеничная (выращенная на богарных землях);
- опавшие листья деревьев (урюк, яблоня, вишня, черешня ива, тополь и др.).

Опилки, привезенные из –под пилорамы имели длины до 8-10 мм (рис.3.1).

Рис.3.1. Древесные опилки

Солома, в виде прессованных тюков, привезенная из мест продажи имела разные длины, от нескольких до нескольких десятков сантиметров. Для увеличения площади контактов и уменьшения пустот между соломками, они измельчались на соломорезке на куски длиной до 8-10 – мм (рис.3.2).

Рис.3.2. Солома пшеничная измельченная

Сухие опавшие листья деревьев также измельчались на соломорезке размерами до 5-8 мм (рис.3.3).

Рис.3.3. Листья сухие, измельченные

Брикетирование отходов древесины производилось по технологии, использованной для брикетирования угольной мелочи.

Как показали практика, древесные отходы, особенно солома, для придания им пластичности должны быть смочены в воде не менее одного часа. Если перемешивать сухие солому, опилки или листья в мешалке, с добавлением воды и связующего, то в перемешанном состоянии солома и в меньшей степени опилки и листья остаются упругими. После прессования, как показали эксперименты, такая шихта, особенно с соломой, из за еще достаточно высокой упругости стремится восстановить форму.

При прессовании шихты из древесных отходов, для лучшего схватывания их частиц и связующего ее нужно держать в пресс – форме под давлением несколько минут и под температурой. В противном случае, после снятия прессующей нагрузки брикеты несколько расширяются («взбухают»).

На рис. 3.4 – 3.6 показаны брикеты из опилок, соломы и опавших листьев, полученных со связующим из эмульсии Эремуруса.

Рис.3.4. Брикеты, полученные из опилок с эмульсией Эремуруса

Рис. 3.5. Брикеты, полученные из соломы с эмульсией Эремуруса

Рис.3.6. Брикеты, полученные из опавших листьев с эмульсией Эремуруса

По внешнему виду брикеты из древесных отходов, полученные с помощью эмульсий Эремуруса и Чертополоха друг от друга не отличаются.

3.3. Исследование теплотворности брикетов из древесных отходов

Нами исследованы зависимости теплотворности брикетов от концентрации связующего – эмульсий Эремуруса и Чертополоха. Результаты экспериментов приведены на рис.3.7.

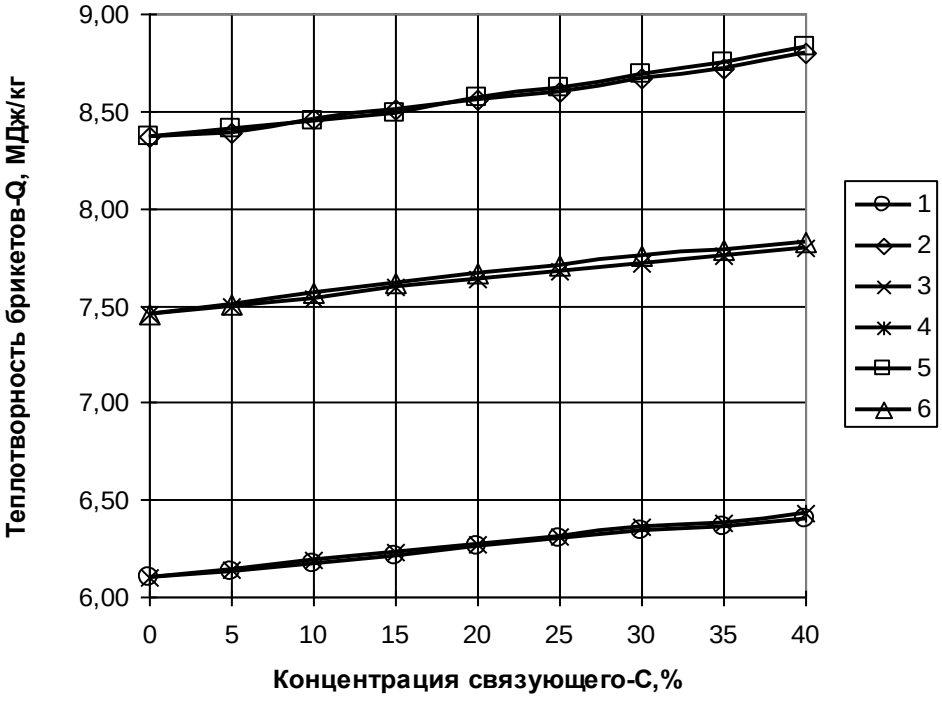

Рис.3.7. Зависимости теплотворности брикетов от концентрации связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха в шихте:

1 – Брикеты из опавших листьев с Чертополохом; 2 - Брикеты из опилок с Чертополохом; 3 - Брикеты из соломы с Чертополохом; 4 - Брикеты из опавших листьев с Эремурусом; 5 - Брикеты из опилок с Эремурусом;
6 - Брикеты из соломы с Эремурусом

Как видно из рисунка, с ростом концентрации связующего практически линейно растут теплотворности брикетов. Этот связано с увеличением доли горючего вещества – биомассы Эремуруса и Чертополоха в брикетах. Однако, при увеличении концентрации связующего от 0 до 40%, теплотворность брикетов растут на 7,14% из опилок, 7,38% из листьев и 13,8% из соломы.

В таблице 3.3. приведены определенные экспериментально теплотворности брикетов из отходов древесины.

Таблица 3.3 -Теплотворности (МДж/кг) исходного сырья и брикетов из древесных отходов с различными связующими

№ пп	Вид отхода	$Q_{низш}$ сырье, МДж/кг,	$Q_{низш}$ брикетов, МДж/кг			
			Эремурус	Эремурус +бентонит	Чертополох	Чертополох +бентонит
1	Опилки	8,37	8,78	7,66	8,67	7,03
2	Солома	7,45	7,68	6,65	7,50	6,44
3	Опавшие сухие листья	6,10	6,25	5,14	6,08	5,12

3.4. Исследование механической прочности брикетов из древесных отходов

Нами исследованы зависимости прочности брикетов от концентрации связующего и давления прессования.

На рис.3.8- 3.10 приведены зависимости прочности и брикетов из древесных опилок, листьев и соломы от концентрации связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха в шихте.

Как видно из рисунков, прочности брикетов растут с ростом концентрации связующих в шихте. Однако, такой рост имеет свойство насыщения. При концентрациях эмульсии Эремуруса в 18-20% и при концентрациях эмульсии Чертополоха свыше 22 – 24 % рост прочности брикетов замедляется.

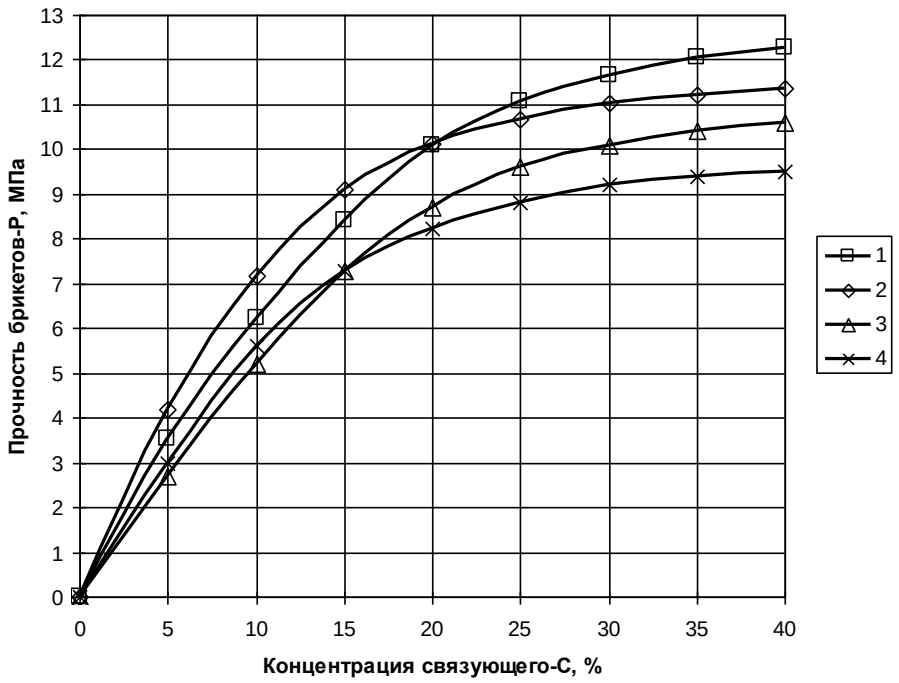

Рис.3.8. Зависимости прочности брикетов из древесных опилок от концентрации связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха в шихте:
1- Эремурус; 2- Эремурус +бентонит 10%; 3- Чертополох; 4- Чертополох +бентонит 10%.

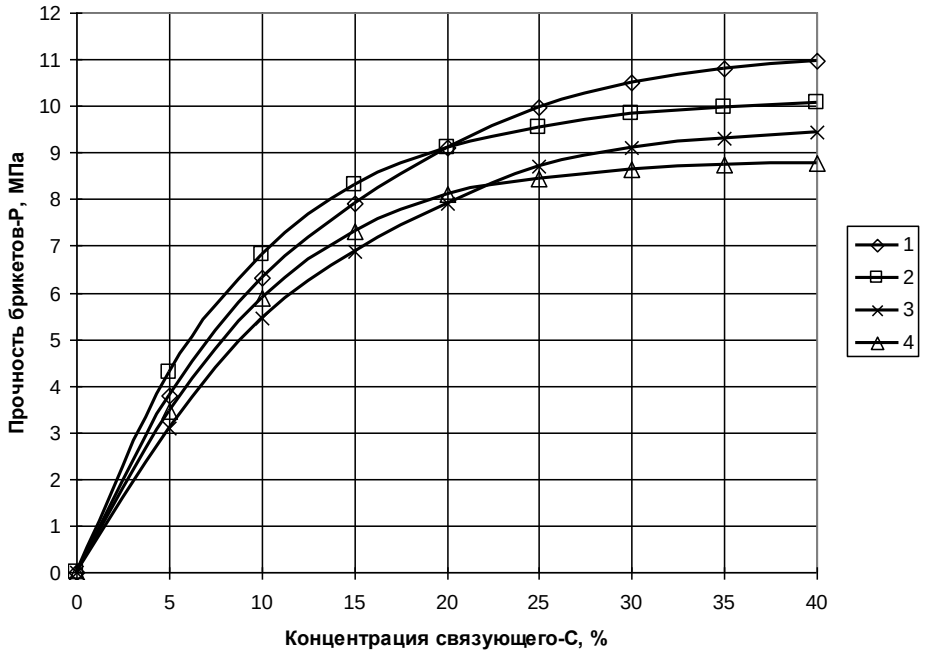

Рис.3.9. Зависимости прочности брикетов из листьев от концентрации связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха в шихте:
1- Эремурус ; 2- Эремурус +бентонит; 3- Чертополох; 4- Чертополох +бентонит.

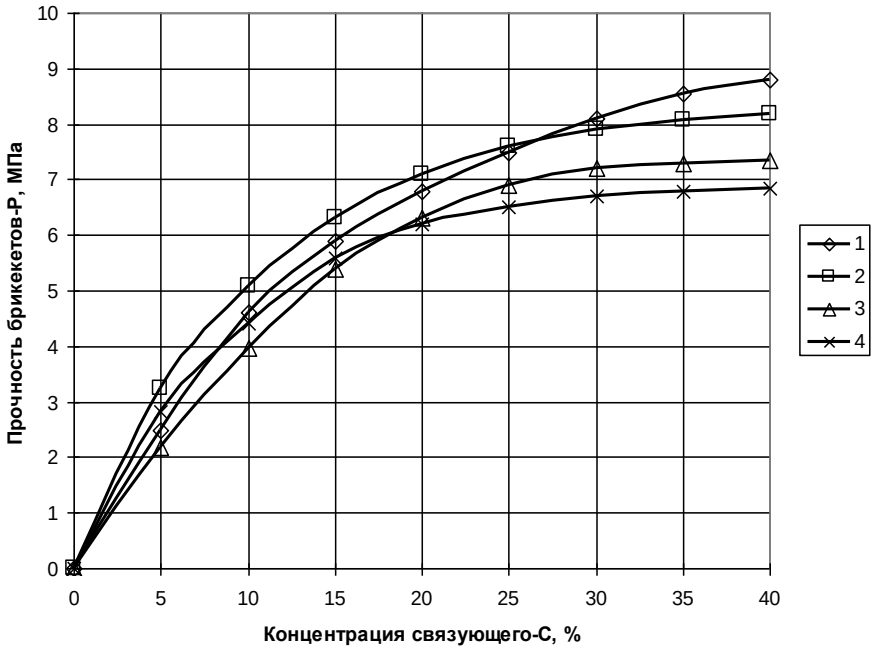

Рис.3.10. Зависимости прочности брикетов из соломы от концентрации связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха.
1- Эремурус; 2- Эремурус +бентонит 10%; 3- Чертополох; 4- Чертополох +бентонит 10%.

При испытаниях на прочность на сжатие, первые трещины появляются по краям брикетов и их незначительное раскрашивание начинается: для брикетов из опилок – при давлении 8,15 МПа, для брикетов из листьев – при давлении 7,36 МПа, а для брикетов из соломы – при давлении 6,11 МПа. Несмотря на появление трещин, брикеты не разрушаются (разваливаются), а несколько сжимаются и сохраняют свою форму. Этому способствуют, видимо, высокая пластичность основ брикетов – волокон древесины и их развитая поверхность, способствующая пропитыванию связующего не только на приповерхностные, но и в более глубокие слои.

Добавление бентонитовой глины в основное связующее, как показали эксперименты с одной стороны несколько увеличивает их начальную прочность, а с другой, повышает их хрупкость. В таких брикетах первые трещины появляются же при меньших давлениях. Этим можно объяснить меньшее значение прочности брикетов при больших концентрациях бентонита, чем у брикетов без него.

Наши эксперименты показали, что прочность брикетов из древесных отходов и соломы сильно зависят от давления прессования. Кроме этого, для схватывания связующего брикеты необходимо выдерживать под давлением в течение нескольких минут. В противном случае, брикет, пока остается упругим и примерно на 15-20% увеличивает свой объем.

На практике для предотвращения такого явления и сокращения времени схватывания (затвердевания), брикетирование осуществляется под достаточно высокой температурой – 500 - 550°C [161].

Следует отметить, что такой метод потребует значительные энергетические затраты и увеличивает стоимость брикетов.

Следует отметить, что для получения прочности брикетов в 5 - 7 МПа, что считается достаточной для брикетов, в шихту из древесных отходов достаточно добавлять эмульсию Эремуруса в 8-10%, а эмульсию Чертополоха – в 10-15%,что почти в два раза меньше, чем в случае угольных брикетов.

Это объясняется волокнистой структурой древесных отходов, способствующих существенному увеличению площади смачивания и схватывания а также, видимо, из – за дополнительной, армирующей роли волокон.

При сбрасывании с высоты 1 метра на твердую поверхность (прочность брикетов на сбрасывание), все исследованные брикеты не разрушаются,

Таким образом, можно сделать вывод, что в отличие от угольных брикетов, брикеты из отходов древесины имеют более высокие прочности.

3.5. Исследование водопоглощаемости и влагоустойчивости брикетов из древесных отходов

Водопоглощаемость и влагоустойчивость брикетов из древесных отходов также, как и угольных брикетов, являются одним из важных их потребительских характеристик.

Для определения водопоглощаемости древесных брикетов нами использовались метод и оборудование, использованные для определения

водопоглощаемости угольных брикетов и регламентированные в ГОСТ – 21290-75(87) - «Метод определения водопоглощаемости угольных брикетов».

Начальные веса испытанных брикетов - по 6 штук каждого вида приведены в табл. 3.4.

Табл. 3.4 – Начальные веса испытанных образцов брикетов из древесных отходов.

Материал и связующее брикета	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	$M_{ср}$
Опилки с Эремурусом	30,4	32,8	31,5	33,2	32,6	29,1	31,6
Опилки с Чертополохом	32,7	29,3	33,4	30,7	32,1	28,9	31,2
Листья с Эремурусом	36,7	34,5	38,1	35,7	36,1	33,8	35,8
Листья с Чертополохом	37,2	33,6	37,1	35,4	37,3	37,5	36,4
Солома с Эремурусом	28,4	27,5	29,6	30,2	31,3	26,7	28,9
Солома с Чертополохом	30,3	29,4	29,8	31,5	31,6	27,9	30,1

Таблица 3.5 – Водопоглощаемости брикетов из древесных отходов

№ пп	Материал и связующее брикета	W_1 %	W_2 %	W_3 %	W_4 %	W_5 %	W_6 %	$W_{ср}$ %
1	Опилки с Эремурусом	60,3	58,8	61,4	57,9	59,2	58,7	59,4
2	Опилки с Эремурусом + бентонитом	53,6	54,1	55,4	52,8	51,5	53,1	53,4
3	Опилки с Чертополохом	62,4	61,8	63,5	60,2	62,6	61,7	62,0
4	Опилки с Чертополохом + бентонитом	54,2	54,9	53,7	52,7	53,3	55,2	54,0
5	Листья с Эремурусом	52,8	53,9	55,1	52,7	54,4	51,2	53,3
6	Листья с Эремурусом + бентонитом	44,3	45,8	47,4	43,6	45,7	45,2	45,3
7	Листья с Чертополохом	54,3	55,1	54,6	56,8	58,4	54,5	55,6

8	Листья с Чертополохом + бентонитом	47,1	48,5	47,2	46,5	48,4	49,7	47,9
9	Солома с Эремурусом	65,6	66,1	65,1	66,8	64,9	63,7	65,4
10	Солома с Эремурусом + бентонитом	59,6	58,8	60,0	59,4	58,1	57,2	58,7
11	Солома с Чертополохом	66,8	65,3	67,7	64,8	65,9	67,1	66,3
12	Солома с Чертополохом + бентонитом	58,5	54,8	60,5	57,4	59,2	60,3	58,45

Далее брикеты испытывали на остаточную механическую прочность на раздавливание, на гидравлическом прессе.

Согласно ГОСТ – 21290-75, буроугольные брикеты считают влагоустойчивыми (водоустойчивыми), если после двухчасового пребывания в воде они сохраняют остаточную механическую прочность не менее 40 % от первоначальной. Для брикетов из древесных отходов а также применили эти критерии.

Как видно из таблиц, водоглощаемость брикетов со связующими из Эремуруса и Чертополоха, особенно с композицией из бентонита несколько выше водопоглощаемости брикетов с органическими связующими, которые составляют не более 14 %, что объясняется более высокой гигроскопичностью эмульсий Эремуруса и Чертополоха и особенно, с бентонитовой глиной и самой бентонитовой глины.

Необходимо отметить, что водопоголощаемость брикетов с более крупными фракциями углей больше, чем у брикетов с мелкой фракцией. Так, водопоглолщаемость брикетов из углей фракцией 0-3 мм составляет в зависимости от месторождения углей от 26,2 до 27,6 %. Это объясняется остающимися пустотами большего суммарного объема между частицами углей у брикетов при прессовании.

В табл. 3.6 приведены остаточные прочности брикетов после испытания на влагоустойчивость.

Таблица 3.6 - Остаточные прочности брикетов из опилок с различными связующими, в процентах от первоначального

№ пп	Связующее	P_1 %	P_2 %	P_3 %	P_4 %	P_5 %	P_6 %	$P_{ср}$ %
1	Эремурус	37,6	35,9	34,2	35,1	33,5	32,7	34,8
2	Эремурус +бентонит	26,8	25,3	26,4	22,5	23,3	20,0	24,0
3	Чертополох	31,4	32,6	30,8	28,5	30,1	32,2	30,9
4	Чертополох +бентонит	23,4	21,7	23,2	21,8	25,3	22,9	23,05

Таблица 3.7 - Остаточные прочности брикетов из листьев с различными связующими, в процентах от первоначального

№ пп	Связующее	P_1 %	P_2 %	P_3 %	P_4 %	P_5 %	P_6 %	$P_{ср}$ %
1	Эремурус	30,4	33,8	31,7	31,2	30,8	29,1	31,2
2	Эремурус +бентонит	24,1	24,8	26,4	25,7	20,6	22,5	24,1
3	Чертополох	26,4	27,8	26,9	27,7	28,1	25,3	27,0
4	Чертополох +бентонит	23,7	22,4	21,2	20,5	21,4	20,6	21,6

Таблица 3.8 - Остаточные прочности брикетов из соломы с различными связующими, в процентах от первоначального

№ пп	Связующее	P_1 %	P_2 %	P_3 %	P_4 %	P_5 %	P_6 %	$P_{ср}$ %
1	Эремурус	25,7	24,8	23,4	26,2	28,3	25,1	25,6
2	Эремурус +бентонит	16,4	17,2	15,8	16,7	15,6	14,8	16,1
3	Чертополох	23,2	22,5	24,1	22,8	20,1	24,4	22,8
4	Чертополох +бентонит	14,1	13,5	12,7	15,4	14,2	12,8	13,8

Таким образом, можно сказать, что брикеты, полученные со связующими из Эремуруса и Чертополоха – влагоустойчивые. Брикеты, полученные добавлением в связующее бентонитовой глины – влаго неустойчивые. Следовательно, после изготовления следует их хранить на сухом, защищенном от осадков месте.

3.6. Математическое моделирование процесса брикетирования древесных отходов

В исследованиях мы использовали методику, использованной в предыдущей главе, для угольных брикетов.

Условия планирования для брикетов и з отходов древесины приведены в табл. 3.9 и 3.10.

Таблица 3.9 - Условия планирования для брикетов и з отходов древесины, ,полученные с помощью эмульсии Эремуруса и бентонита

№	Условия планирования	Ф а к т о р ы		
		x_1	x_2	x_3
1	Размерность	%	%	%
2	Интервал варьирования	6	5	10
3	Центр варьирования	6	5	20
4	Верхний уровень	12	10	30
5	Нижний уровень	0	0	10

Таблица 3.10 - Условия планирования для брикетов и з отходов древесины, ,полученные с помощью эмульсии Чертополоха и бентонита

№	Условия планирования	Ф а к т о р ы		
		x_1	x_2	x_3
1	Размерность	%	%	%
2	Интервал варьирования	7,5	5	10
3	Центр варьирования	7,5	5	20
4	Верхний уровень	15	10	30

5	Нижний уровень	0	0	10

Уравнение регрессии для брикетов из опилок с Эремурусом имеет вид:

$$Q = 8,3145 + 0,0742x_1 - 0,1065x_2 - 0,0828x_3 - 0,0805x_1x_2 - 0,0338x_{13} + 0,0055x_{23} + 0,1313x_{123} \quad (3.1)$$

Рассчитанные коэффициенты уравнений регрессии для всех исследованных видов брикетов приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Коэффициенты уравнений регрессии для брикетов из древесных отходов (теплотворность).

b_0	b_1	b_2	b_3	$b_{1,2}$	$b_{1,3}$	$b_{2,3}$	$b_{1,2,3}$
Опилки + Эремурус							
8,3145	0,0742	-0,1065	-0,0828	-0,0805	-0,0338	0,0055	0,1313
Листья + Эремурус							
6,1416	0,0541	-0,1056	-0,0459	0,0596	0,0596	0,0574	0,1141
Солома + Эремурус							
7,6013	0,111	-0,2147	-0,0975	-0,1045	-0,0648	0,0655	0,0878
Опилки + Чертополох							
8,2531	0,1076	-0,1206	-0,1136	-0,0281	-0,0481	0,0101	0,1206
Листья + Чертополох							
6,0838	0,0595	-0,07	-0,0313	0,0275	-0,0133	-0,0058	0,0585
Солома + Чертополох							
6,0838	0,0595	-0,07	-0,0313	0,0275	-0,0133	-0,0058	0,0585

Как видно из уравнения и таблицы 3.11, содержание связующего повышает теплотворность брикетов. Коэффициенты b_1 при факторе x_1 – содержании связующего – наибольшие. Увеличение содержания

бентонитовой глины снижает теплотворность брикетов, что видно из значений коэффициентов b_2
при факторе x_2 – отрицательные.

Прочность брикетов из древесных отходов.

Уравнение регрессии для брикетов из опилок с Эремурусом имеет вид:

$$P = 7{,}112 + 1{,}312x_1 + 1{,}237x_2 + 1{,}087x_3 + 2{,}837x_1x_2 + 0{,}112x_{13} + 0{,}027x_{23} + 2{,}862x_{123} \quad (3.2)$$

Коэффициенты уравнений регрессии для остальных видов брикетов приведены в таблице 3.12

Таблица 3.12 - Коэффициенты уравнений регрессии для брикетов из древесных отходов (механическая прочность).

b_0	b_1	b_2	b_3	$b_{1,2}$	$b_{1,3}$	$b_{2,3}$	$b_{1,2,3}$
Опилки + Эремурус							
7,112	1,312	1,237	1,087	2,837	0,112	0,027	2,862
Листья + Эремурус							
6,375	1,250	0,753	0,725	2,425	0,052	0,075	2,607
Солома + Эремурус							
4,887	0,912	0,587	0,562	1862	0,125	0,062	1,962
Опилки + Чертополох							
6,062	1,187	0,812	0,687	23,387	0,087	-0,012	2,337
Листья + Чертополох							
6,112	1,687	0,412	0,387	1,937	0,337	-0,312	2,387
Солома + Чертополох							
4,504	0,875	0,705	0,525	1,802	0,102	0,025	1,675

Как видно из уравнения 3.1 и таблицы 3.11, наибольший вклад в теплотворность брикетов вносит концентрации связующих – эмульсий

Эремуруса и Чертополоха. Коэффициенты при факторах x_1 (концентрации связующего в шихте). Бентонитовая глина, наоборот, снижает теплотворность брикетов. Коэффициенты при факторе x_2 (концентрация бентонита в шихте) - отрицательные.

Из уравнения 3.2 и таблицы 3.12, также видно, что наибольший вклад в прочность брикетов вносит концентрации связующих – эмульсий Эремуруса и Чертополоха. Коэффициенты при факторах x_1 (концентрации связующего в шихте) и x_2 (концентрация бентонита в шихте) - наибольшие.

Повышение влажности шихты (фактор x_3) в отличие от угольных брикетов, способствует увеличению прочности получаемых брикетов из древесных отходов. Это, видимо, происходит и з –за лучшего смачивания и повышения пластичности и разрыхления (набухания) древесных отходов в шихте.

3.7. Выводы по главе 3

Исходя из полученных в данной главе диссертации можно сделать следующие выводы

1.Возможно брикетирование древесных отходов с помощью дешевых и доступных связующих, получаемых из дикорастущих растений – Эремуруса и Чертополоха а также в комбинации с - минералом местного происхождения – бентонитом с удовлетворительными теплотворными и прочностными характеристиками.

4. По прочности, теплотворности и водоустойчивости полученные брикеты из древесных отходов несколько уступают аналогичным брикетам и гранулам, полученным с помощью органических связующих (отходов масложировой промышленности и битумом).

5. Прочности, брикеты, полученные на основе эмульсии Эремуруса больше чем прочности брикетов, полученных на основе эмульсии Чертополоха, что связано большей концентрацией декстрина в эмульсии Эремуруса.

6. Брикеты из отходов древесины выдерживают нагрузки до 35,5 МПа без разрушения, сохранением первоначальной формы.

Первые микротрещины и отделение частиц происходит по краям брикетов и они появляются: у брикетов из опилок – при нагрузке 8,15 МПа, у брикетов из листьев – 7,36 и из солома – 6,11 МПа.

Добавление бентонитовой глины в качестве дополнительного связующего несколько повышает начальную прочность брикетов и в то же время повышает их хрупкость при больших давлениях..

7. Полученные математические модели процессов брикетирования угольной мелочи и древесных отходов позволяют раскрыть физико-механические механизмы формирования брикетов и найти оптимальные количественные соотношения компонентов и режимы технологические технологического процесса для получения наиболее качественных брикетов.

Глава IV. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ

Критерием ценности технологий брикетирования является их экономическая эффективность (ЭЭ).

В данном разделе работы приведены результаты исследований экономических аспектов брикетирования углей Кыргызстана и древесных отходов с помощью связующих, получаемых из дикорастущих растений – Эремуруса и Чертополоха, а именно, годовые относительные и абсолютные экономические эффективности разработанной технологии на основе фундаментальных законов экономической теории и экономики промышленного производства [163 -165].

4.1. Технико - экономическая схема брикетирования отходов твердого топлива с помощью продуктов переработки биомассы

Структура и величина затрат на брикетирование углей с помощью связующих растительного происхождения в силу особенностей источника сырья и технологии его получения, будут отличаться от структур и величин затрат традиционных способов брикетирования углей с помощью других органических (отходов масложировой и пищевой а также нефтеперерабатывающей промышленности и т.д) и неорганических (лессовый суглинок, известь, гипс, бентонитовая глина и т.д) связующих. Сбор дикорастущих растений, получение от них связующих вносит изменения в традиционную технологическую схему брикетирования углей.

На рис. 4.1 приведена схема основных затрат по разработанной нами технологии брикетирования углей с помощью связующих, получаемых из Эремуруса и Чертополоха.

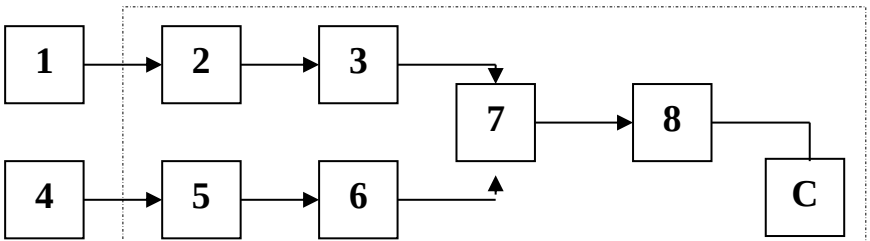

Рис. 4.1. Схема основных затрат по брикетированию углей

1- затраты на приобретение угольной мелочи; 2 - затраты на перевозку угольной мелочи; 3 - затраты на подготовку (измельчение до требуемого фракционного состава) угольной мелочи; 4 - затраты на сбор связующего (сырья); 5 - затраты на перевозку связующего; 6 - затраты на подготовку связующего; 7 - затраты на подготовку шихты; 8 - затраты на прессование шихты; 9 - затраты на внутрифабричные (межцеховые) перевозки (транспортирами); 10 – капитальные затраты (здания и технологическое оборудование); 11 – затраты на амортизационные расходы оборудования; 12 –затраты на электроэнергию; 13 – затраты на расходные материалы (вода, ГСМ и др.); 14 – внутрифабричные затраты; 15 – затраты на зарплату. БФ – брикетная фабрика, С – склад.

Как видно из рисунка, угольная мелочь и связующее от мест добычи транспортируются до брикетной фабрики и там осуществляются все необходимые технологические операции для производства брикетов.

4.2. Исследование экономической эффективности брикетирования угольной мелочи с помощью продуктов переработки биомассы

Для расчетов возьмем линию (комплект оборудования) для брикетирования угольной мелочи ООО «Хунцзы – Хенань», г. Чженчжоу Китайской Народной Республики [166]. Линия включает три основных агрегата для брикетирования углей, которые приведены в табл.1. Там же

приведены цены поставляемого оборудования, взятые из прайс – листов компаний.

В качестве дробилки для измельчения угля возьмем молотковую дробилку производства Механического завода г. Николаев, Украина [167]. Для измельчения связующего также возьмем соломорезку этой же компании. Их данные также приведены в табл. 4.1.

Таблица – 4.1. Перечень основного оборудования для производства угольных брикетов

№ пп	Оборудование, модель	Показатели		
		Единица измерения	Колич-во	Цена (USD)
1	**Пресс валковый HDXM-290**			
1.1	Производительность	т/час	2	3850
1.2	Ширина ролика	мм	200	
1.3	Диаметр ролика	мм	290	
1.4	Частота вращения	об/мин	13	
1.5	Потребляем. мощность	кВт	5,5	
2	**Смеситель шихты 500 х 2500**			
2.1	Производительность	т/час	2	3000
2.2	Частота вращения шпинделя	об/мин	35	
2.3	Потребляем. мощность	кВт	7,5	
2.4	Габаритные размеры	мм	3100х750х 500	
3	**Конвеер 500х8**			
3.1	Габариты	мм	500х8000	2462
3.2	Количество	2		
4	**Дробилка молотковая ДМ -2**			
4.1	Производительность	т/час	2	2000
4.2	Потребляемая мощность	кВт	15	

5	**Соломорезка ИС-500**			
5.1	Производительность	кг/час	500	1438
5.2	Фракция сечки	мм	5	
5.3	Потребляемая мощность	кВт	11	
5.4	Габаритные размеры	мм	1500х1200 х1600	
6	**Бойлер для приготовления эмульсии**			
6.1	Емкость бойлера	$м^3$	0,42	86
6.2	Электронагреватель	шт	2	
6.3	Подставка металлическая	шт	1	
	Производительность	т/час	0,25	
	Потребляемая мощность	кВт	4	
	Габаритные размеры	мм	750х750х 750	
	Стоимость всего оборудования, доллар/сом			**12836/ 888636,28**

По данным Национального банка Кыргызской Республики курс доллара на 04.01.2017 г. составляет: 1 доллар = 69, 23 сом

В капитальные затраты не будем включать стоимость здания (помещений). Его стоимость включим в виде арендной платы за использование готового здания.

Угольная мелочь приобретается на месте добычи угля (на угольном карьере Сары - Могол Алайского района). Затраты на приобретение и перевозку угольной мелочи из угольного карьера, расположенного на расстоянии 85 км от брикетной фабрики (пригород г. Ош) приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2 - Затраты на приобретение и перевозку угольной мелочи

№ пп	Операция, материал	Ед. измерен.	Цена, сом	Колич-во	Сумма, сом/долл.
1	Приобретение на карьере	тонна	1000	0,8	800,00
2	Перевозка	сом/км	100	8	800,00
	Всего				1600,00

Примечание: Стоимость перевозки угольной мелочи взяты из реальной стоимости перевозки угля из карьера Сары - Могол Алайского района до г. Ош, расположенного в 85 км от г. Ош.

Подготовка связующего из дикорастущего Эремуруса включает следующие этапы (расходы):

1. Сбор корней Эремуруса;
2. Промывка (очистка от грунта) корней;
3. Сушка корней;
4. Измельчение корней на соломорезке;
5. Упаковка и хранение порошка корней Эремуруса.
6. Кипячение измельченных корней до получения эмульсии.

В случае использования корней Эремуруса в период их созревания (июль – август месяцы) работы, предусмотренные п. 3 и 5 не проделываются. В этом случае, измельченные корни с естественной влажностью (не высушенные) можно вскипятить и получить эмульсию (связующее).

Затраты на приготовление 200 кг связующего виде эмульсии из Эремуруса, необходимые для получения 1 тонны брикетов приведены в табл.4.3.

Следует отметить, что установленные соответствующими государственными органами тарифы по оплате работ, приведенных в данной таблице, не существуют. Поэтому, стоимость работ по сбору корней Эремурса взяты нами исходя из общепринятых тарифов на выполнение сельскохозяйственных работ рабочими, нанимаемыми фермерами на аналогичные сезонные работы.

Таблица 4.3 - Затраты на подготовку связующего из Эремуруса в виде эмульсии

№ пп	Операция, материал	Ед. измерен.	Цена, сом	Колич-во	Сумма, сом/долл.
1	Сбор с поля	тонна	800	0,06	48, 00
2	Перевозка	сом/ тонна	50	0,06	9,99
3	Срез корней и сушка на солнце	дни	100	4	Включен в зарплату
4	Измельчение	кВт час	1,5	0,44	0,66
5	Вода	тонна	25,67	0,2	5,13
6	Приготовление эмульсии (варка 200л воды +20 кг сухого порошка)	кВт час	1,5	21,5	32,25
	Всего				96,03

Затраты на приготовление эмульсии из порошка кипячением рассчитаны по калорическому уравнению [168]:

$$Q = cm\,(t_2 - t_1) + q_э + q_п \qquad (4.1)$$

где Q – необходимая тепловая энергия для кипячения воды объемом m = 200 литров от начальной температуры t_1= 20°С до конечной температуры t_2 = 100°С, с - удельная теплоемкость воды (4,18 кДж/кг·град), $q_э$ - затраты тепловой энергии на нагревание субстрата в течение 10 минут для получения эмульсии требуемого качества, $q_п$ – теплопотери от бойлера в окружающую среду (они взяты в размере 10% от Q).

Расчеты показывают, что для приготовления 200 кг эмульсии потребуется 21,5 кВт час электрической энергии (1 кВт час = 3,6 МДж).

Учесть все статьи расхода до мелочей как по оборудованию, так и по трудовым затратам здесь практически невозможно. Точные данные можно

получить только при реальных производственных условиях. Поэтому некоторые принятые исходные данные, соответственно и полученные здесь результаты носят ориентировочный характер с большой вероятностью соответствия реальным условиям производства угольных брикетов в производственных условиях.

Мы оценивали как относительную, так и абсолютную экономические эффективности разработанной технологии брикетирования углей.

Относительная экономическая эффективность в данном случае показывает экономическую эффективность брикетов по отношению к тому сорту угля, из мелочи которого они изготовлены. Здесь также можно сравнить экономическую эффективность брикетов к углю любого месторождения в Кыргызстане или к углю, добываемую в других странах, отличающихся от углей Кыргызстана теплотой сгорания.

Абсолютная же экономическая эффективность показывает какой экономическую эффект получает страна от предотвращения потерь угольной мелочи и вовлечения в топливно – энергетический комплекс страны.

Здесь также необходимо иметь в виду улучшение экологической ситуации в районе добычи, а также вокруг путей перевозки и мест хранения угля.

Относительный годовой экономический эффект $Э_Г$ технологии получения брикетов можно определить по следующей формуле [169-172]:

$$Э_Г = Cy \cdot Ny – З_б \cdot N_б \cdot (Q_у /Q_б); \qquad (4.2)$$

где, Cy – стоимость 1 тонны рядового угля того же месторождения, откуда бралась угольная мелочь, на месте потребления (т.е. в ее стоимость включена и стоимость перевозки. На декабрь – январь месяцы 1 тонна угля месторождения Сары – Могол на рынке г. Ош (включая и стоимость привоза от места добычи (карьера) составляет Cy= 5000 сом));

Ny – годовой объем потребления рядового угля;

$З_б$ - затраты на изготовления брикетов;

$N_б$ - годовой объем потребления брикетов;

$Q_у$ – удельная теплотворность рядового угля ($Q_у$ = 15,44 МДж/кг, $Q_б$ = 13,92 МДж/кг);

$Q_б$ - удельная теплотворность брикетов.

Затраты на изготовления 1 тонны брикетов определяем по формуле

$$З_б = [(C_{оф}/20) + A_г + N_б З_т]/N_б \quad (4.3)$$

где, $C_{оф}$– первоначальная стоимость основных фондов;

$A_г$– годовая норма амортизации основных фондов;

$З_Т$ –затраты на производство 1 тонны брикетов.

Затраты на производство одной тонны брикетов определяется выражением:

$$З_Т = Зоф + За + Зум + Зпум + Зсв + Зэ + З\,рм + Ззп + Зсф \quad (4.4)$$

где Зоф – затраты на эксплуатацию основных фондов;

За – затраты на амортизационные расходы основных фондов;

Зум - затраты на приобретение угольной мелочи;

Зпум – затраты на перевозку угольной мелочи;

Зсв – затраты, связанные со сбором, переработкой и приготовлением связующего;

Зэ – затраты на электроэнергию;

Зрм - затраты на расходные материалы (смазочные материалы, вода);

Ззп – затраты на заработную плату рабочим (250 сом);

Зсф – затраты на отчисления в социальный фонд (21%) от начисляемой зарплаты рабочим (250 · 0,21 = 52,5 сом).

Срок службы основных фондов, как и в большинстве аналогичных случаев, примем равным 20 годам.

Следовательно, средние годовые амортизационные расходы основных фондов примем равными 5% от первоначальной их стоимости:

$$А_г = 0,05С_{оф} = 888636,28 \cdot 0,05 = 4443,18 \text{ сом.} \quad (4.5)$$

Тогда, Зоф определяется как износ основных фондов за время производства 1 тонны брикетов, т.е. за 0,5 часа:

$$Зоф = Соф/ 260дней \cdot 8часов = 888636,28/ 2080 = 427,22 \text{ сом.} \quad (4.6)$$

Амортизационные расходы за 1 час, необходимого для производства одной тонны брикетов также будет равен 427, 22 сом.

Учитывая высокую механизацию технологического процесса предположим, что в производстве брикетов будут работать два человека. Примем, что месячная зарплата рабочих составляет 24 тысячи сом. Тогда однодневная зарплата двух рабочих составит две тысячи сом. Для выпуска 1 тонны брикетов достаточно 1 час работы оборудования и рабочих. Тогда, для выпуска 1 тонны брикетов рабочие получат 2000сом/8 часов = 250 сом (рабочее время составляет 8 часов в день).

Объем потребления электроэнергии для производства 1 тонны брикетов, взятые из объема потребления каждого оборудования составляет 41,0 кВт ·час. Затраты при этом составляют 41,0 кВт ·час · 1,5 сом = 61,5 сом.

Затраты на расходные материалы состоят из расходов на воду и смазочные материалы. Затраты на воду составляют 5,13 сом, а на смазочные материалы – (1 литр минерального масла стоит в среднем 200 сом) 200 =5,13 = 205,13 сом.

За одну смену (8 часов), согласно техническим характеристикам оборудования производится 16 тонн брикетов. Тогда годовой объем производства брикетов составит (при условии, что в одном календарном году – 260 рабочих дней)

$N_б$ = 16т · 260 дней = 4160 тонна/год (4.7)

Расчеты, выполненные по выражению (3) показывают, что затраты на производство 1 тонны брикетов составляют

$З_Т$ = Зоф + За + Зум + Зпум + Зсв + Зэ+ З рм +Ззп+ Зсф = 3119,6 сом. (4.8)

Относительная годовая экономическая эффективность разработанной технологии брикетирования случая, когда в одну рабочую смену производится 16 тонн брикетов, согласно выражения (4.2) составит

$Э_Г = Су \cdot Ну - З_б \cdot N_б \frac{Q_М}{Q_Б}$ = 18 909 090,0 – 14 270 713,6 = 4 638 286,4 сом. (4.9)

Абсолютная экономическая эффективность Эга производства брикетов определяется как вовлечение теряемой угольной мелочи в топливно – энергетический комплекс страны. Ее можно определить по формуле:

$Э_{га} = N_б \cdot (Q_у / Q_б) \cdot Су - З_{бг} N_б$ (4.10)

где $З_{бг}$ – годовые затраты на производство брикетов. Расчеты, выполненные по выражению (7) составляют:

$З_{бг}$ = 4160 · 3119,6 = 12977536 сом. (4.11)

Следовательно, абсолютный экономический эффект, когда в одну рабочую смену производится 16 тонн брикетов, составит:

$Э_{га} = N_б \cdot (Q_б/Q_у) \cdot Су - З_{бг}$ = 4160 (15,44/13,92) · 5000 – 12977536 =

=22 880 000 – 12 977 536 = 9 902 464 сом. (4.12)

Кроме этого, следует учитывать и экономический эффект от предотвращения загрязнения окружающей среды (почвы и воздуха) от угольной мелочи, а также улучшение санитарного состояния воздуха.

Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Брикетирование угольной мелочи с помощью связующего, получаемого из дикорастущего растения Эремурус позволяет привлечь в топливно – с энергетический комплекс страны теряемую угольную мелочь и даст значительный относительный и абсолютный экономический эффект а также позволяет улучшить экологическую ситуацию на месте добычи угля, вокруг путей ее транспортировки и мест хранения.

2. Следует провести комплекс работ по расширению ареала произрастания Эремуруса а также по искусственному его выращиванию для создания стабильной базы связующего.

В табл.4.4. Теплотворности углей и угольных брикетов с различными связующими (Эремурус - 20%, Чертополох- 24%, связующее (Эремурус + бентонит) - 20 %, при этом Эремурус или Чертополох -10%, бентонит -10 %).

В таблице 4.4 приведены рассчитанные относительные ($Э_{го}$) и абсолютные ($Э_{га}$) годовые экономические эффективности (ЭЭ) технологии брикетирования углей со связующими из Эремуруса, Чертополоха и с комбинированными связующими с бентонитом.

Таблица 4.4 - Относительные($Э_{го}$) и абсолютные ($Э_{га}$) годовые экономические эффективности (ЭЭ) технологии брикетирования углей со связующими из Эремуруса Чертополоха и с комбинированными связующими с бентонитом.

№ п,п	Угольное месторож-дение	ЭЭ	Связующее			
			Эремурус	Эремурус +бентонит	Чертополох	Чертополох +бентонит
1.	Алайское	Эго	4303496,12	2481900,54	3524504,43	1922016,23
		Эга	10044853,37	11568180,19	10503111,00	11941391,39
		Эго	4275205,10	2490750,05	3178200,76	1632192,32

2.	Кожокелен	Эга	10064522,52	11561590,48	10750696,03	12161813,74
3.	Сулюктинское	Эго	4631113,32	2495104,08	3682178,43	2145524,32
		Эга	9818462,35	11558348,46	10391327,00	11772803,50

4.3. Исследование экономической эффективности брикетирования древесных отходов с помощью продуктов переработки биомассы

Расчеты экономической эффективности технологии брикетирования древесных отходов выполнены по методике, изложенной в предыдущем параграфе работы.

Для расчетов используем данные по теплотворности (Мдж/кг) брикетов древесных отходов и с различными связующими, приведенными в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Относительные ($Э_{го}$) и абсолютные ($Э_{га}$) годовые экономические эффективности (ЭЭ) технологии брикетирования древесных отходов со связующими из Эремуруса, Чертополоха и комбинированными связующими с бентонитом.

№ п.п	Вид отхода	ЭЭ	Связующие			
			Эремурус	Эремурус +бентонит	Чертополох	Чертополох +бентонит
1.	Древесные опилки	Эго	9358287,69	4753100,26	8926837,63	1907569,04
		Эга	6757737,001	9656972,743	7009312,223	11693758,02
2.	Солома пшеничная	Эго	8762631,22	3923031,49	7955772,49	2859220,22
		Эга	7106118,739	10231291,05	7590368,739	10991147,21
3.	Опавшие листья	Эго	8554213,97	2014323,13	7617842,09	1885531,74
		Эга	7229835,406	11613860,31	7797456,459	11710285,41

4.4. Выводы по главе 4

Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1.Брикетирование угольной мелочи с помощью связующего, получаемого из дикорастущих растений Эремуруса и Чертополоха позволяет привлечь в топливно – с энергетический комплекс страны теряемую угольную мелочь и даст значительный относительный и абсолютный экономический эффект а также позволяет улучшить экологическую ситуацию на месте добычи угля, вокруг путей ее транспортировки и мест хранения.

2. Стоимость одной тонны угольных брикетов, полученных на основе продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха составляет от 3119 до 4100 сом.

3. Для внедрения разработанной технологии в промышленных масштабах следует выращивать Эремурус и Чертополох также в промышленных масштабах, т.е провести комплекс работ по расширению ареала произрастания Эремуруса а также по искусственному его выращиванию для создания стабильной сырьевой базы связующего.

4. Использование Чертополоха в качестве сырья для получения связующего позволит очистить от него площади пастбищ и восстановить площади произрастания кормовых трав и тем самым повысить продуктивность пастбищ.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Основные выводы и заключения по результатам исследований можно сформулировать следующим образом:

1.Связующие, полученные переработкой биомассы дикорастущих растений Эремуруса и Чертополоха а также их комбинации с минералом местного происхождения – бентонитом позволяют получать брикеты из углей и древесных отходов с удовлетворительными теплотворными и прочностными характеристиками.

2. Оптимальными концентрациями эмульсий порошка Эремуруса, позволяющие получать наиболее прочные брикеты для исследованных углей являются 18-20%, а для эмульсии Чертополоха - 22-24%, а для брикетов, получаемых из древесных отходов – 8 - 10 и 10 – 12%.

3. По прочности, брикеты, полученные на основе связующего, полученного из Эремуруса больше, чем у брикетов, полученных из Чертополоха, что связано большей концентрацией декстрина в эмульсии Эремуруса.

4. По прочности, теплотворности и водоустойчивости полученные с помощью продуктов переработки Эремуруса и Чертополоха брикеты из углей и древесных отходов несколько уступают брикетам и гранулам, полученным с помощью традиционных органических связующих – битума или отходов масложировой промышленности.

5. Использование бентонитовой глины в качестве вспомогательного связующего позволяет экономить до 10% связующих – эмульсий Эремуруса или Чертополоха, в тот же время на 3 - 5% снижает теплотворность брикетов.

6. Брикеты из отходов древесины имеют более высокие прочности, чем угольные брикеты и выдерживают нагрузки до 35,5 МПа без разрушения, с сохранением первоначальной формы. Первые микротрещины и отделение частиц происходит по краям брикетов и они появляются: у брикетов из опилок – при нагрузке 8,15 МПа, у брикетов из листьев – 7,36 и из соломы в – 6,11 МПа.

7. Полученные математические модели процессов брикетирования угольной мелочи и древесных отходов позволяют раскрыть физико-механические механизмы формирования брикетов и найти оптимальные количественные соотношения компонентов и режимы технология брикетирования.

8. Разработанные технологии брикетирования угольной мелочи и древесных отходов с помощью связующего, получаемого из дикорастущих растений Эремуруса и Чертополоха позволяют привлечь в топливно -

энергетический комплекс страны теряемые в настоящее время угольную мелочь и древесные отходы, тем самым дадут многомиллионные относительные и абсолютные экономические эффекты, а также позволяют улучшить экологическую ситуацию на месте добычи угля, вокруг путей ее транспортировки и мест хранения.

9. Использование Чертополоха в качестве сырья для получения связующего позволит очистить от него площади пастбищ и восстановить площади произрастания кормовых трав и тем самым повысить продуктивность пастбищ.

10.Для внедрения разработанной технологии в промышленных масштабах следует выращивать Эремурус и Чертополох также в промышленных масштабах, т.е провести комплекс работ по расширению ареала произрастания Эремуруса а также по искусственному его выращиванию для создания стабильной сырьевой базы связующего.

11. Физико – химические процессы, происходящие в процессе формирования брикетов подчиняются также законам физики конденсированного состояния.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. kirgiziya.promportal.su/category.
2. rus.gateway.kg/industry/page_id=759
3. **Джаманбаев, А. С.** Угли Киргизии и пути их рационального использования. [Текст] / А. С. Джаманбаев. - Фрунзе: Илим, 1983. -235 с.
4. **Джаманбаев, А. С.** Некоторые вопросы комплексного использования углей Киргизии. [Текст] / А. С. Джаманбаев. Фрунзе: Кыргызстан, -1970. 92 с.

5. **Елишевич, А.Т.** Брикетирование угля со связующими Текст]/ М-во угольной пром-сти УССР. А.Т. Елишевич. Киев, Гос. трест по обогащению и брикетированию Москва: Недра, 1972. - 216 с.

6. Пат**е**нт**.** № 3114141 (ФРГ), Брикеты горючих ископаемых [Текст] /Изобр. в СССР и зарубежом. – 1983. № 5.

7. . **Курманкулов, Ш.Ж.** Возможности получения бытовых брикетов из угля в условиях крестьянских хозяйств [Текст] / Ш.Ж. Курманкулов, Ж.Т. Текенов, Абдыкадыров, Т.Дж. Джолдошева. // Сб. научн. тр. ИКИПР НАН КР. -Бишкек: Илим, 2001. 134с. 30-33 с.

8. **Курманкулов, Ш.Д.** Изучение слипаемости нефтесвязующих с угольными частицами в процессе брикетирования [Текст]: Сб. Проблемы переработки и использования углей Средней Азии / Ш.Д. Курманкулов, Ж.Т. Текенов, А.Т. Елишевич. -Фрунзе: Илим, 1987. – 38 с.

9. **Елишевич, А.Т.** Улучшение брикетирующей способности плотных бурых углей Киргизии [Текст] / А.Т. Елишевич, Ш.Дж. Курманкулов. - ХТТ. 1986.-№6, 32-36 с.

10. **Исманжанов, А.И.** Разработка технологии брикетирования угля со связующими из растительного сырья [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева, Ч.А. Адылов Инновации в жизнь. - №2 (13). Новосибирск. 2015. 5-11 с.

11. **Пан, Л.Н.** Экология и технологические процессы современных методов переработки твердых бытовых отходов [Текст] / Л.Н. Пан. - Источник: Sci Teclibrery. com.

12. **Патент** Японии № 6462 394 МКИ ИС 101 5/08, С 101 9/08/. Метод брикетирования термообработанного угля [Текст] / Токке Кохо Кокай. Изобр. За рубежом, 1989.- 26.-С.631-634.

13. **Курманкулов, Ш. Дж.** Брикетируемость бурых углей Кыргызстана с хлопковым гудроном [Текст] / Ш. Дж. Курманкулов, Ж.Т. Текенов. ХТТ.- 1992. - №6.- С.87- 90.

14. cotlix.com/briketirovanie-uglya

15.mining-enc.ru/b/briketirovanie

16. satu.kz/Briketirovanie-uglya.htmlкопия

17. **Ширшиков, В. И.** Химия и технология производства угольных брикетов[Текст] / В. И. Ширшиков, В. Н. Пиялкин, В. В. Литвинов. – СПб.: Химиздат, 2012. – 196 с.

18. **Николаева, Л.А**. Брикетирование бурого угля с использованием модифицированного гудрона. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 25.00.13,- Обогащение полезных ископаемых, Иркутск-2011, 20с.

19. **Николаева, Л.А.** Получение бытовых топливных брикетов с использованием нефтяных связующих [Электронный ресурс] / Л.А. Николаева, В.Г. Латышев, О.Н. Буренина // Нефтегазовое дело- 2007.- http://www.ogbus.ru - № гос. регистрации 0320200609.

20. **Николаева, Л.А**. Топливные брикеты из бурых углей Якутии [Текст] / Л.А.Николаева, В.Г. Латышев, О.Н. Буренина // Химия твердого топлива- 2009.№2.-С.55-59.

21. **Рассказова, А. В**. Обоснование рациональных параметров брикетирования бурого угля с применением механоактивации топливных компонентов: диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.13 / Рассказова Анна Вадимовна. Забакйкальский государственный университет.- Чита, 2014.- 148 с.

22. **Пушканов В.В.,** Способ получения угольных брикетов. Патент Российской федерации № 2064006. В.В. Пушканов, Г.С Головин, Е.Г. Горлов и др. [Текст]: МПК C10L5/16 C10L5/22, Бюлл. изобр. 1996, № 9.

23. **Николаева, Л.А.** Применение органо-минеральных веществ в составе связующего при брикетировании углей Ленского бассейна [Текст] / Л.А. Николаева, С.Н. Попов // Тр. XII межд. науч.-практ. конф. «Энергетическая безопасность России: новые подходы к развитию угольной промышленности». - Кемерово: КемНЦ СО РАН, 2010. - С. 107-109.

24. **Лысенко, А.В.** Способ получения угольных брикетов Патент Российской федерации № 2024592 [Текст]: А.В. Лысенко. МПК C10L5/10, Бюлл. изобр. 2014, №8.

25. **Николаева** (Петрова), JI.А. Новый способ брикетирования бурых углей Кангаласского месторождения [Текст] / JI.А. Николаева (Петрова) // Современные наукоемкие технологии. -2004. - №2. -С. 159-160.

26. **Лысенко, А.В.** Способ получения угольных брикетов [Текст]. Патент Российской федерации № 2021330. / А.В Лысенко, Т.М. Слета. МПК C10L5/10, C10L5/16, Бюлл. изобр. 1994, №5.

27. **Петрова, Л. А.** Сапропелесодержащее связующее для брикетирования бурого угля ., Патент РФ №2326159 [Текст] / МПК C10L5/10, C10L5/16, О.А. Буренина, В,Г. Латышев и др. Бюлл. изобр. 1994, №5.

28. **Баулин А.В.,** Каракуц В.Н., Теляшев Э.Г и др. Способ получения топливных брикетов. Патент Российской федерации № 2005770 [Текст]. МПК C10L5/16, Бюлл. изобр. 1994, №3.

29. **Исманжанов, А.И.** Утилизация мусорных отходов при брикетирования углей [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева. Наука. Образование. Техника. 2001. - №.1. - 70-73 с.

30. **Патент** Японии № 63207890 Я, МКИ С 10 В 57/ 06, С В 45/00/ Миндзуно Сэнъити, Арамоки Хисахиро, Син Нитгецу Кагаку. -№62 -41723; Заявл.25.02.87. // Кокай Токке Кохо. Сер.3(3). - 1988.-С.633- 635.

31. **Патент** Японии №1284590 МКИ с 10L 5 44, с 10 L 5. Хамадзики Йосихико [Текст] / № 63 - 113874; Заявл. 10.05.88. Опубл 15.11.89 / Сер. 3 (3).-1989.-117.-С. 669 - 671.

32. **Патент** 616603, Австралия, МКИ C/OL 005/16/ [Текст] / James Keon Young. №53134/90, опубл.31.10.91.

33. **Хотунцев, Л.Л.** Физико-химические явления процессах брикетирования твердого топлива [Текст] / Л. Л. Хотунцев. -М: Изд-во АН СССР, 1960. -147 с.

34. **Патент** Индии №155439., МКИ С 10 5/12,С 03 С 1/02. Угольные брикеты [Текст] .-Опубл.25.09.85.

35. **Андреева, Л.М.** Асфальто - битумные сплавы, как связующее для брикетирования шаргуньских углей. Брикетирование углей и углеродистых материалов [Текст] / Л.М. Андреева. - М., 1973.- 51-57 с.

36. **Березкина, З.Н.** О брикетируемости углей Киргизии:. [Текст] / **Березкина, З.Н.** О брикетируемости углей. [Текст] / З.Н. Березкина, Л.А. Хотунцев, И.М. Найдич. -Киргизии: Фрунзе, 1967. - 8 – 14 с.

37. **Авторское свидетельство** СССР № 394414 / М.кл. С. 10 5 08, опуб. 22.08.73. - Бюлл.изобр. № 34.

38. **Вернякова, Т.А.** Связующее вещество для углеродистых материалов [Текст]: А.С. №374361, СССР. Открытия, изобретения промышленные образцы и знаки / Т.А. Вернякова. 1973. -№15.

39. **Гуревич, В.С.** Эмульсионная композиция для брикетирования топливных шихт [Текст]: А.С. №374365, СССР Открытия, изобретения промышленных образцов товарных знаков / В.С. Гуревич, И.С. Левин. 1973.- №15. – 59 с.

40. **Папин, А.В.** Способ брикетирования коксовой пыли. Патент РФ № 2468071 [Текст]: //В.С. Солодов, В.И.нев и др., МПК С1015/04, С1015/12. Бюлл. изобр., 2012, №6.

41. **Шантарин, В.Д.** Переработка твердых бытовых отходов [Текст] / [В.Д. Шантарин, Г.М. Шинкеев, П.П. Ивлев и др.]- Источник: WWW. Promeco. h1. ru.

42. **Залевская, Г.Н.** Некоторые особенности гранулирования угольных шламов с лигносульфонатном [Текст] / Г.Н. Залевская, А.Т. Елишевич. –ХТТ: 1995. -№4. -57-61с.

43. **Бельков, В.М.** Методы технологии и концепции утилизации углеродосодержащих промышленных твердых бытовых отходов [Текст] / В.М. Бельков WWW. www:/Promeco. h1. ru.

44. **Воробьев, В.Н.** Связующие и гидрофобизаторы для получения гранулированного бытового топлива из бурых углей[Текст] / [В.Н. Воробьев, П.С. Лещенко и др.] – ХТТ: 1997. - №4. - 51-58 с.

45. **Елишевич, А.Т.** Брикетирование угля со связующими. [Текст] / А.Т. Елишевич. - М.: Недра, 1989. -299 с.

46. **Андреева, Л.М.** Асфальто - битумные сплавы, как связующее для брикетирования шаргуньских углей. Брикетирование углей и углеродистых материалов [Текст] / Л.М. Андреева. - М., 1973.- 51-57 с.

47. **Зорин, А.Ж.** Разработки технологии брикетирования бурого угля со связующими нефтяного происхождения [Текст] / А.Ж. Зорин //Материалы конференции молодых ученых Башкирии по проблемам химии, нефтехимии и нефтепереработке. – Уфа: 1991, - 28-30 с.

48. **Прокопчук, Ю.А.** Исследование температурного режима процесса брикетирования углей с нефтебитумным связующим [Текст]: кн. Брикетирование углей и углеродистых материалов / Ю.А. Прокопчук.- М.: Недра, 1973, - 326 с.

49. **Курманкулов, Ш.Ж.** Улучшение эффективности использования низкосортных углей в малой теплоэнергетике [Текст] / Ш.Ж. Курманкулов, Н.М. Ташиев, Т.Дж. Джолдошева. Известия ОшТУ. -Ош, 2003. №1. 146-149 с.

50. **Березкина, З.Н.** Исследование процессов получения бытового топлива из Киргизских углей [Текст]: автореферат дис. канд. техн. наук: / З.Н. Березкина. - Фрунзе, 1971.

51. **Воробьев, В.Н.** Экологические чистые связующие для получения бытового топлива из углей мелких классов[Текст] / [В.Н. Воробьев, П.С. Лещенко. и др.] –ХТТ: 1997. -№2. -81-85 с.

52. **Текенов, Ж.Т.** Повышение эффективности использования бурых углей Кыргызстана путем окускования. Материалы совещания. [Текст] / [Ж.Т. Текенов, Ш.Дж. Курманкулов, и др] /ХТТ. 1992, № 4, с. 54-58.

53. **Ghosh, R.S.** Bindens for brikuettung [Текст] / R.S.Ghosh, S.Choudhory, D.K. Roy R.K. Roy -FRY NOWS: 1977. - 27.- № 4. - 114 – 121 p.

54. **Сабиров, Б.З.** Окускованное композиционное топливо с использованием твердых полимерных отходов. [Текст] / Б.З. Сабиров. Известия ОшТУ, -2006, №2, -С.56-60.

55. http^//www.mining-tbc.ru/images/briketirovanie2.jpg.

56. **Менковский, М.А.** Связующие вещества в процессах окускования горных пород [Текст] / М.А. Менковский, Б.М. Равич, В.П. Окладников. - М.: Недра, 1977.- 183 с.

57. **Елишевич, А.Т.** Брикетирование полезных ископаемых. [Текст] / А.Т. Елишевич. - Донецк: Изд. Политехнического института, 1985. - 108с.

58. **Кожевников, И.Ю.** Металлургия. Технология угля и неметаллических полезных ископаемых. [Текст] / И.Ю. Кожевников, М.А.Менковский, Б.М. Равич. - М.: Недра, 1984. –328 с.

59. **Равич, Б.М.** Брикетирование руд. [Текст] / Б.М. Равич. - М.: Недра, 1982. 364 с.

60. **Исманжанов, А.И.** Исследование гранулируемости бурых углей Кыргызстана неорганическими связующими [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева.- Наука Образование Техника. – 200. -№2. –97- 101 с.

61. **Текенов, Ж.Т.** Исследование гранулируемости бурых углей Кыргызстана с неорганическими связующими [Текст] / Ж.Т. Текенов, А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева. - Наука, образование, техника. – 2000, №1, - 97- 101 с.

62. **Исманжанов, А.И.** Сравнительные характеристики брикетов из низкосортных углей Кыргызстана на основе неорганических связующих [Текст] / А.И. Исманжанов, И.А.Осоров, Т.Дж. Джолдошева. // Сб. науч. труд. VI межд. конф. –Иркутск, 2008.

63. **Исманжанов, А.И.** Разработка мобильной установки для брикетирования углей с неорганическими связующими [Текст] / А.И. Исманжанов, А.С. Дадажанов, Т.Дж. Джолдошева. // Сб. науч. труд. межд. конф. по вопросам энергетики в Республике Узб. – Карши, 2008.

64. **Джолдошева, Т.Дж.** Оптимизация технологии гранулирования Кара-Ки чинских углей со связующим из бентонитовой глины на основе метода математического планирования эксперимента [Текст] / Т. Дж. Джолдошева. // Сб. научн. тр. ИКИПР НАН КР. -Бишкек: Илим, 2001. 36-39 с.

65. **Текенов, Ж.Т.** К вопросу окускования мелких классов бурых углей с бентонитовой глиной [Текст] / Ж.Т. Текенов, Ш.Ж. Курманкулов, Т.Дж. Джолдошева. - Наука и новые технологии. -Бишкек, 2000. №2. 160-161 с.

66. **Текенов, Ж.Т.** Применение гипса как связующего вещества при брикетировании углей [Текст] / Ж.Т. Текенов, Ш.Ж. Курманкулов, Т.Дж. Джолдошева. // Сб. научн. тр. "Экология, химия и техника". -Ош: изд. ОшТУ. 1999. -Ч.1. Вып. 2, 82-85 с.

67. **Текенов, Ж.Т.** Использование минеральных связующих при брикетировании углей Кыргызстана [Текст] / Ж.Т. Текенов, Ш. Ж. Курманкулов, Т.Дж. Джолдошева. // Сб. научн. тр. К-УУ. Вып.1. -Ош, 1998. 214-218 с.

68. **Джолдошева, Т.Дж.** Методика описания прочности буроугольных брикетов посредством трехпараметрической функции Вейбулла. Туранское математическое собрание [Текст] / Т.Дж. Джолдошева. – Ош, 1995. Вып.1. ,105-108 с.

69. **Исманжанов, А.И.** Сравнительные характеристики брикетов из низкосортных углей Кыргызстана на основе неорганических связующих [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева, И.А. Осоров. //Сб. трудов 6-Международной конференции «Энергетическая кооперация в Средней Азии: прогнозы и реальность» - СО РАН, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, Иркутск, 8-11 сентября 2008.

70. **Исманжанов, А.И.** Влияние петрографического состава углей на технологию окускования [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева, И.А. Осоров. -Наука, образование, техника, 2008, №3, 113-116 с.

71. **Исманжанов, А.И.** Утилизация бурых углей Кыргызстана брикетированием. / Тезисы докладов международной научной конференции

студентов и молодых ученых «Тюрко-согдийский синтез и развитие проблемы культурного наследия [Текст] /А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева, И.А. Осоров. - Ош, К-УУ, 20- 21 мая 2004 г. Ош, К-УУ, т.2, 242 с. –34 с.

72. **Текенов, Ж.Т.** Экономические аспекты внедрения технологии брикетирования низкосортных углей Кыргызстана с неорганическими связующими [Текст] / Ж.Т. Текенов, А.И. Исманжанов, Т.Дж Джолдошева. // Сб. научн. трудов, Экономика, финансы, менеджмент. 272 с. -185-191с.

73. **Текенов, Ж.Т.** Исследование гранулируемости бурых углей Кыргызстана с неорганическими связующими [Текст] / Ж.Т. Текенов, А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева. Наука, образование, техника. 2000, №1, - 97-101 с.

74. **Текенов, Ж.Т.** Технология получения дешевого топлива из буроугольных брикетов в усовершенствованных печах для коммунально - бытового использования. [Текст] / Ж.Т. Текенов, А.В. Цой, Ш.Ж. Джапарова, Б.З. Сабиров. // Ошский технологический университет. Экология, химия и технология,. Сб. Научных трудов, 1999, часть 1, вып.2, -С. 8-15.

75. **Жапарова, Ш.Ж.** О путях обеспечения коммунально-бытового хозяйства окускованным угольным топливом. [Текст]/ Ш. Жапарова, Б.З. Сабиров. Известия ОшТУ, -2004, -№2, 95-101 с.

76. **Джапарова, Ш.Ж.** Альтернативное топливо для коммунально-бытовых нужд. [Текст] / Ш.Ж. Джапарова, Б. 3. Сабиров, А.В. Цой. Известия ОшТУ, -2012, -№2, с 55-56.

77. **Цой, А.В.** Выработка тепла из буроугольных брикетов в слоевых печах коммунально-бытового назначения. [Текст] / А.В. Цой, Ж.Т. Текенов, Б.З. Сабиров. //Сб. науч. тр. ЮО НАН КР. К природно-сырьевым ресурсам через высокие технологии. -Бишкек: «Илим», 2001.-33-36 с.

78. **Цой, А.В.** Перспективы использования новой технологии извлечения тепла из низкосортных фракций бурого угля. [Текст] / А.В. Цой, Ж.Т. Текенов. Вестник. ОшГУ. Серия химии и химической технологии. 2001. №2. -Ош: - С. 230-235 с.

79. **Текенов, Ж.Т.** Технология получения дешевого тепла из буроугольных брикетов в усовершенствованных печах для коммунально-бытового использования. [Текст] / Ж.Т. Текенов, А.В. Цой, Ш.Ж. Джапарова, Б.З. Сабиров //Об. науч. К Ошского технологического университета. -Ош: 1999-Часть I. – С. 8-15 с.

80. **Сабиров, Б.З.** Экологические проблемы топливо потребления в г. Ош и пути их решения. [Текст] / Б.З. Сабиров, Ш. Ж. Джапарова Известия ОшТУ. -2005. -№1. - 111-114 с.

81. **Цой, А.В.** Решение проблем использования угольных отсевов и органических отходов в малой теплоэнергетике. [Текст] / А.В. Цой, Б.З. Сабиров, Ш.Ж. Джапарова. Известия ОшТУ, -2007, -№2, 52-56 с.

82. **Сабиров, Б.З.** К вопросу рационального использования природных ресурсовкыргызской республики в строительстве. [Текст] / Б.З. Сабиров. Известия ОшТУ. -2009. -№2. 243-247 с.

83. **Цой, А.В.** Получение топливных брикетов в домашних условиях из местного некондиционного сырья. [Текст] / А.В. Цой, Б.З. Сабиров. НОТ, 2006. №4. (18). 88-90 с.

84. **Цой, А.В.** Формирование устойчивой системы автономного тепло обеспечения в населенных пунктах и малых городах Кыргызстана с использованием топлива из формованных угольных отсевов. [Текст] / А.В. Цой, Б.З. Сабиров. Известия национальной академии Кыргызской Республики, 2009. №3. 18-24 с.

85. **Сабиров, Б.З.** Теплообеспечение автономных объектов с использованием угольных брикетов местного изготовления. [Текст] / Б.З. Сабиров, А.В. Цой, Б.Н. Давидбаев. Фаргона политехника институти илмий-техника журнали-2008.-№3.-31-35 с.

86. **Джаманбаев, А.С.** Брикетирование углей Киргизии [Текст] / А.С. Джаманбаев, Ж.Т. Текенов, А.Ш. Баймендиева. - Бишкек: Илим, 1991. -124 с.

87. **Цой, А.В.** Брикетированное топливо из отсевов бурого угля: актуальность проблемы, технические характеристики, результаты

производственных испытаний. [Текст] / А.В. Цой, Ж.Т. Текенов // Научные труды Южного отделения НАН КР. -Ош: «Илим», -2003. Выпуск 3, 69 с. -С - 54-70 с.

88. **Сабиров, Б.З.** Выработка тепла из буроугольных брикетов в слоевых печах коммунально-бытового назначения к природно-сырьевым ресурсам - через высокие технологии. [Текст] / Б.З. Сабиров, А.В Цой, Ж.Т. Текенов // Сб. научных трудов, вып.2, Бишкек, Илим, -2001, -33-35 с

89. **Исманжанов, А.И.** Исследование гранулируемости бурых углей Кыргызстана неорганическими связующими [Текст] / А.И. Исманжанов, Т. Дж. Джолдошева. Наука. Образование. Техника. – 2000. -№2. - С.97-101.145 с.

90. **Текенов, Ж.Т.** Использование известкового молока как связующего вещества при брикетировании бурых углей [Текст] / Ж.Т. Текенов, А.И. Исманжанов, Т.ДЖ. Джолдошева. Проблемы информатики и энергетики.- 2000.- №6. -45-48 с.

91. Патент Японии №57- 54078 МКИ С 101 5 10. Сугита Масахиса, Сугита Хисохару. Опубл.16.11.82.

92. **Патент** Японии № 5121801 Способ получения твёрдого топлива [Текст] / Асахи Гарасу К.К.. Изобретения за рубежом.- 1976.- № 21.

93. Миндзуно Сэнзити и др. Получение формованного угля [Текст] / Кокай Токие Кохо, Сер. 3(3).- 1988. - С. 633 - 635. Япония.

94. **Крохин, В.Н.** Особенности брикетирования бурого угля Чихезского месторождения [Текст]: кн. Брикетирование углей и углеродистых материалов / В.Н. Крохин. - М.: Недра, 1973, -326 с.

95. **Углеродистые брикеты и способ их изготовления** [Текст]. Патент США № 4167393, МКИ С 10 В 6/12 5/10.

96. **Углеродистые брикеты и способ их изготовления**// Пат. №4167398США, Изобретения в СССР и за рубежом. - 1980.-№ 4.

97. **Кошкарев, В.Я.** Способ получения связующего для брикетирования углеродистых материалов [Текст] / (СССР). А.с. 975779 СССР, №3, 1983. - Изобр. в СССР и за рубежом.

98. **Патент** ФРГ №1671362 Способ формования мелкозернистых материалов, в частности топлива [Текст] / Изобр. за рубежом. – 1972. № 18.

99. **Боржейо, В.В.** Авторское свидетельство №1677056 СССР, МКИ С 10 7/06 [Текст] / В.В., Боржейо, Н.П. Морук и др. -Белорус. Опубл.15.09.91, 34.

100. **Мармиров, И.В.** и др. Способ получения топливных брикетов. [Текст] / И.В. Мармиров. А.С. №1546469, СССР// Бюллетень изобретений. – 1990. №8.

101. **Благов, И.С.** Брикетирование каменноугольной мелочи с применением фусов в качестве связующих веществ [Текст] / [И.С. Благов, и др.] -Уголь:1953.- №8.- 13 с.

102. **Бернякова, Т.А.** Связующее вещество для углеродистых материалов [Текст]: А.с. 374361 СССР, №15.-1973 (СССР) [Т.А. Бернякова, и др.] Бюлл. Изобр.,1973, №8.

103. **Хотунцев, Л.Л.** Новые виды связующих веществ при брикетировании каменноугольной мелочи [Текст] /Л.Л. Хотунцев, В.Л. Попов, Г.М. Волков.- Уголь: 1965. -37-38 с.

104. **Джаманбаев, А.С.** Брикетирование отсевов Кызыл - Кийских и Сулюктинских углей и защита окружающей среды [Текст] / А.С. Джаманбаев А.Ш. Баймендиева, З.А. Березкина. – Фрунзе: Изд. ФПИ, 1982. С. 18 – 23.

105. **Джаманбаев, А.С.** Брикетирование углей Киргизии [Текст] / А.С. Джаманбаев, Ж.Т. Текенов, А.Ш. Баймендиева. – Бишкек: Илим, 199, 192 с.

106. **Джолдошева, Т. Дж.** Применение гипса как связующего вещества при брикетировании углей [Текст] / Т. Дж. Джолдошева, Ш.Ж. Курманкулов, Ж.Т. Текенов. // Сб. научн. трудов ОшТУ. – Ош. Вып.2., 1999. –82-85 с.

107. **Исманжанов , А.И.** Исследование брикетируемости изкосортных углей со связующим лессовой глиной [Текст] / А.И. Исманжанов, Т. Дж. Джолдошева. Наука. Образование. Техника. -2000. - №2. -130-134 с.

108. **Джолдошева, Т.Дж.** К вопросу окускования мелких классов бурых углей с бентонитовой глиной [Текст] / Т.Дж. Джолдошева, Ж.Т. Текенов, Ш. Дж. Курманкулов. Наука и новые технологии. 2000. -№2. -160-161 с.

109. **Лямин, В.А.** Использование древесной мелочи для получения лесохимикатов и угольных брикетов [Текст] / В.А. Лямин.- Сб. науч. тр. Ин-та лесохоз. проблем. Т. 16. Рига: АН Латв. ССР. 1958. 32 с.

110. **Ливеровский, А.А.** Комплексное использование угольной мелочи и древесной смолы [Текст] / А.А. Ливеровский, Г.П. Кривохатский.- Лесохим. пром-сть. 1939. № 4.

111. **Кулагин, Е.П.** Сушка и прокалка древесноугольных брикетов [Текст] / Е.П. Кулагин.- Хим. переработка древесины. 1969. № 6. С.12-16.

112. **Кулагин, Е.П.,** Зависимость свойств древесноугольных брикетов от количества связующего [Текст] / Е.П. Кулагин, Е.С. Рассадина.- Гидролиз и лесохим. промышленность. 1972. № 6. 14 с.

113.. **Кулагин, Е.П.** Древесно-угольные брикеты – новая продукция лесохимических предприятий. Переработка продуктов пиролиза древесины [Текст] / Е.П. Кулагин. Ссб. науч. тр. 1976. № 25. С. 64-69.

114. **Кулагин, Е.П.** Изучение различных веществ в качестве связующего для получения древесно-угольных брикетов [Текст] / Е.П. Кулагин.- сб. науч. тр. ЦНИЛХИ. Вып. 22. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 22 с.

115. **Кулагин, Е. П.**Брикетирование древесно-угольной мелочи с каменноугольной смолой и лигносульфонатами [Текст] / Е. П.Кулагин. - сб. науч. тр. ЦНИЛХИ. Вып. 21. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 85 с.

116. **Петров, В.С.** Способ получения древесно-угольных брикетов [Текст] / В.С. Петров.- А.с. № 91150, 1941 г.

117. **Пономарев, О.С.** Брикетирование некондиционного древесного угл [Текст] / О.С. Пономарев, И.К. Гиндулин, Ю.Л.Юрьев. - Лесной журнал, 2012, №2, 103-105 с.

118. **Дудин, А. И.** Способ получения древесно-угольных брикетов [Текст] / А. И. Дудин.- А.с. № 57839, 1940 г.

119. **Квятковский, М.Ф.,**.Способприготовлениядревесно-угольных брикетов [Текст] / М.Ф.Квятковский, А.Л. Пирятинский. А.с. № № 57679.

120. **Давыдова, С. А.** Совершенствование технологии и технических средств производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту [Текст]: автореф. канд. дис. 05.20.01 / С. А. Давыдова.– Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Волгоград, 2013, 24 с. Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет»

121. **Плотникова, Д.А.** Обоснование и разработка автономной установки для производства пеллет с энергообеспечением от перерабатываемого сырья [Текст]: автореф. канд. дисс. 05.02.13. / Д.А. Плотникова. -Ижевск, 2008, Ижевский гос. тех ун-тет. 24 с.

122. **Кулагин, Е.П.,** Получение древесных брикетов со связующими Амзинского ЛХЗ [Текст] / Е.П.Кулагин, А.Н.Кислицын, А.А. Эйтвид.- Лесохимия и подсочка. 1974. № 7. 5с.

123. vistapellets.net.ua/pellety-.

124. **Коршак, А.В.** Обоснование технологии производства древесных брикетов на прессовом оборудовании ударного типа [Текст]: автореф. канд. дисс. техн. наук: 05.21.01 - 05.21.01 / А.В. Коршак. – Санкт - Петербург, 2011, 20 стр.

125. **Тюрикова, Т.В.** Совершенствование технологий торрефикации и гранулирования фракционированной древесины [Текст]: автореф. дисс. канд. наук 05.21.05 / Т.В. Тюрикова. –Архангельск, 2015 г., 21 с.

126. **Филина, Н. А.** Исследование сорбционных свойств древесных отходов для сбора нефтепродуктов с последующей утилизацией их в виде топливных брикетов [Текст]: автореф. дис. канд. тех. наук: 03.02.08 / **Н**. А. Филина. –Пенза, 2011, 22 стр.

127. **Литвинов, В.В.** Химическая переработка древесины [Текст] / В.В. Литвинов, В.И.Ширшиков, В.Н. Пиялкин.- Лесной журнал, 2016, №6, 101-107 с.

128. **Горр, Д. А.** Создание технологии приготовления топливных гранул и разработка технологических основ их использования [Текст]: автореф. дис. канд. тех.наук: 05.14.14 / Д. А. Горр. - Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

129. **Камчыбеков, Д.К.** Состояние и перспективы развития угольной промышленности Кыргызстана. [Текст] / Д.К. Камчыбеков. Бишкек: "Наси", - 2003. -248 с.

130. barrel.kz/catalog/ugol/kirgizstan

131.welcome.kg/ru/kyrgyzstan/nature/top

132. byshlmy.com/stone/промышленность..

133. **Хохряков, А. П.** Эремурусы и их культура [Текст] / А.П. Хохряков.- М., Агропромиздат, 1965. -212 с.

134. **Флора СССР.** Т. 26. /Ред. Бобров Е.Г., Черепанов С.К. М.-Л.: АН СССР, 1963. 656 с.

135. **Васильченко, И.Т.** Определитель сорных растений районов орошаемого земледелия [Текст] / И.Т. Васильченко, О.А. Пидотти. -Л.: Колос, 1975. 375 с.

136. **Гулюк, Н.Г.** и др. Крахмал и крахмалопродукты [Текст] / Н.Г. Гулюк.- М.; Агропромиздат, 1985.-238 с.

137. **Глинка, Н.Л.** Общая химия: Учебн. пособие для вузов[Текст]: Н.Л. Глинка, Ленинград, «Химия», 1988, 704 с.

138. **Коровин, Н.В**. Общая химия. М.: Учебн. для вузов [Текст]: Н.В. Коровин. Высшая школа, 2000, - 558 с.

139. **Усов, А.И.** Химия и технология крахмала[Текст]: /А.И. Усов,. Пер. с англ. 1975), 286 с.

140. **Детлаф, А.А.** Курс физики. Учебн. Пособие для вузов[Текст]: /А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – М.: Высш. школа, 2000. – 718 с.

141. **Белонучкин, Б.Е**. Основы физики. Т.2.Квантовая и статистическая физика[Текст]: Б.Е. Белонучкин, В.А. Заикин, Ю.М. Ципенюк. – М.: Физматлит, 2001. – 504 с.

142. **Сивухин, Д.В.** Термодинамика и молекулярная физика[Текст]: /Д.В. Сивухин. –М.: Физматлит, МФТИ, 2003. – 576 с.

143. **Балбаев, М.К.** Строение молекул и химическая связь. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений[Текст]: /М.К. Балбаев. Ош, ОшГУ, 2009, - 164 с.

144. **Матывалджыев, А.С.** Химиялык байланыш жана заттардын т\з\л\ш\[Текст]:/ А.С. Матывалджыев. Бишкек, 1998, - 314 с.

145. **Карапетянц, М.Х**. Строение вещества[Текст]:/М.Х. Карапетянц, С.И. Дракин . М.: Высшая школа, 1978, - 304 с.

146. **Ашкрофт, Н**. Физика твердого тела[Текст]: /Н. Ашкрофт, Н. Мермин М.: Мир, 1979.

147. **Китель, Ч.** Введение в физику твердого тела[Текст]:/Ч. Китель. М.: Наука, 1978, 362 .

148. **Уэрт, Ч.** Физика твердого тела[Текст]:/Ч. Уэрт, Р. Томсон. -М.: Мир.: 1974.

149. **Займан, Дж.** Принципы теории твердого тела[Текст]: /Дж. Займан М.: Мир, 1974.

150. **Джолдошева, Т.Дж.**Утилизация низкосортных углей Кыргызстана окускованием с неорганическими связующими. Дисс. канд. техн. наук, спец. 05.14.08 и 05.14.18, Ош, 2005, 160 с.

151. **Павлов, П.Ф.** Физика твердого тела[Текст]:/П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. М.: Высшая школа, 2000.

152. **Гинзбург, И.Ф.** Введение в физику твердого тела[Текст]: /И.Ф. Гинзбург. Сп-Б.: М.: Краснодар, «Лань», 2007.

153. **Адлер, Ю.П.,** Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. -М.: Наука, 1971. – 282 с.

154. **Круг, Г.К.** Теоретические основы планирования экспериментальных исследований [Текст] Г.К. Круг. - М.: Наука, 1973, 278 с.

155. **Ахназарова, С.Л.** Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. [Текст] / С.Л. Ахназарова**,** В.В. Кафаров. - М.: Высш.школа, 1978. –319 с.

156. **Ермаков, С.М.** Математическая теория планирования эксперимента. [Текст] / С.М. Ермаков. - М., 1983.- 390 с.

157. **Круг, Г.К.** Теоретические основы планирования экспериментальных исследований. [Текст] / Г.К. Круг. - М.: Наука, 1973, -278 с.

158. **Гмурман, В.Е.** Руководство к решению задач по теория вероятностей и математической статистике: учеб. пособие. – 8-е изд., стер. [Текст] /В.Е. Гмурман.- М.: Высшая школа, 2003. – 405с.

159. **Большов, Л.Н.,** Таблицы математической статистики[Текст] Л.Н. Большов, Н.В. Смирнов.- М.: Наука, 1965, 136с.

160. http://novostynauki.com/e-tsiklopediya/bioenergetika/energeticheskie-harakteristiki-i-sostav-biomassy-drevesnyh-othodov/

161. http://www.termowood.ru/hdo.html

162. **Крапчин, И.П.** Экономика переработки углей [Текст] / И.П. Крапчин.- М.: Недра. 1989. -214с.

163. **Экономика предприятия**. Под ред. В.Я. Горфинкеля и В.А. Швандера. Учебн.узов. М.: «Юнити» 2001, 718 с.

164. **Экономика предприятия.** Под ред. О.И. Волкова и О.В. Девяткина. Учебн.узов. М.: «ИНФРА-М» 2006, 600 с.

165. **Кумскова, Н.Х.** Основы экономической теории [Текст] / [Н.Х. Кумскова, А.К.Казакеев, А.К.Казакеев, и др.].-Бишкек.-1993.247с.

166. www.hongjigroup.ru

167. company.pulsen.com.ua (Компания Lts г. Николаев, Украина).

168. **Алексеев, Г.Н.** Общая теплотехника: Учебн. пособие. [Текст] / Г.Н. Алексеев. – М.: Высш. школа,1980. – 552с.

169. **Исманжанов, А.И.** Сравнительные характеристики брикетов из низкосортных углей Кыргызстана на основе неорганических связующих. Сб.

трудов 6-Международной конференции «Энергетическая кооперация в Средней Азии: прогнозы и реальность» [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева, И.А. Осоров. СО РАН, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, Иркутск, 8-11 сентября 2008 г. Иркутск.

170. **Исманжанов, А.И.** Сравнительные технико-экономические показатели угольных брикетов на основе неорганических связующих/Доклады международной научной конференции студентов и молодых ученых «Тюрко-согдийский синтез и развитие проблемы культурного наследия [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева. - Ош, КУ-У, 20- 21 мая 2004 г. Ош, К-УУ, т.2, 242 с. - 248-253 с.

171. **Исманжанов, А.И.** Оценка технико- экономических показателей установок на нетрадиционных возвобновляемых источниках энергии [Текст] / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов, Б.Б. Мирзахалилов. Известия ОшТУ, 2003, №1. -142-145 с.

172. **Исманжанов, А.И.** Сравнительные технико-экономические показатели угольных брикетов на основе неорганических связующих [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Дж. Джолдошева. - Вестник ОшГУ. Серия физ-мат. Наук. 2002, №5, - 248-253 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справки о внедрении результатов диссертационной работы

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Анализ ошибок экспериментальных измерений и достоверности полученных результатов

Анализ ошибок экспериментальных измерений и достоверности полученных результатов

Погрешности экспериментальных измерений оценивались нами по общепринятым в и инженерных расчетах стандартным методикам.

1. Погрешности давления прессования брикетов.

Готовая шихта прессовалась нами на гидравлическом прессе марки КЗФ – 1736-68, предельная нагрузка которого составляет – 20 МПа. Относительная погрешность измерения, согласно паспортным данным пресса составляет ± 2%.

При давлении 6 МПа, при котором получены брикеты, относительная погрешность давления прессования составляет ± 0,12 МПа, следовательно, давление прессования определяется составляет 6 ± 0,12 МПа.

2. *Погрешности при измерении механической прочности брикетов.*

Механическая прочность брикетов определялись по ГОСТ 21289-75 «Брикеты угольные. Методы определения механической прочности»,

на том же гидравлическом прессе КЗФ – 1736-68, с той же погрешностью, с какой определялась давление прессования, т.е. с относительной погрешностью ±2%.

Свежеизготовленные брикеты для испытания на прочность сушились 3 суток в закрытом помещении при температуре (20 ± 5)^{0}С. Для испытаний отбирались 7 целых брикетов.

Механическая прочность брикетов при сжатии определялась по формуле:

$$P_{сж} = \frac{\overline{P}_{max} \cdot d^2}{d_1^2},$$

где, $\overline{P}_{max}$ - среднее арифметическое значение максимального разрушающего брикета давления, МПа.

$$\overline{P}_{max} = \frac{\sum P_{max}^1}{n},$$

где, $\sum P_{max}^1$ - сумма значений максимальных разрушающих брикеты давления, МПа;

n – количество испытанных брикетов;

d – диаметр поршня, мм;

d_1 – диаметр вставного цилиндра, мм.

3. ***Погрешности при измерении теплоты сгорания брикетов.***

Низшая теплота сгорания брикетов определялась по ГОСТ 147-95 «Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания».

Сущность метода определения высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания углей, в том числе брикетов заключается в полном сжигании навески массы испытуемого топлива в калориметрической бомбе в изотермическом режиме при постоянном объеме в среде сжатого кислорода под давлением 29,4·105 Па (30 кгс/см^2) и измерении подъема температуры воды в калориметрическом сосуде, а также в определении поправок на теплоту, выделяемую при сжигании запальной проволоки и теплоту образования и растворения в воде серной и азотной кислот.

Определение удельной теплоты сгорания брикетов проводили на калориметре сжигания В-0,8М с бомбой.

Предел допускаемой погрешности определения эффективной теплоемкости (энергетического эквивалента, Э) составляет ± 0,1%.

Погрешность определения веса Р образца вещества брикетов с помощью электронных аналитических весов марки ВЛР-200 составляет ± 0,15 мг

При весе образца в 1 гр, точность измерения составляет 1± 0,15 мг, т.е относительная погрешность составляет 0,015%.

Тогда, общая погрешность при определении теплоты сгорания брикетов составляет:

$$\varepsilon = (ДЭ + ДР)/ (Э + Р) = (0,1 + 0,015)/(1 + 1) = 5,7\%.$$

4. ***Погрешности при измерении водопоглощаемости брикетов.***

Водопоглощение брикетов определялась пол ГОСТ 21290 – 75 «». Из партии готовых целых брикетов отбирались 10 шт в соотвтетствии с ГОСТ 107842-71 «Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора проб для лабораторных испытаний».

Для определения водопоглощения брикетов использованы:

- сосуд металлический высотой 200 мм, площадь которого обеспечивает размещение не менее 10 шт. целых брикетов. Сосуд снабжен проволочной сетчатой подставкой, укладываемой на его дно;

- весы электронные с относительной погрешностью взвешивания не более 0,01 % от массы взвешиваемых брикетов;

Испытания проводились в следующем порядке:

1. Испытываемые брикеты взвешивались, укладывались на сетчатую подставку и опускались в сосуд с конденсатом комнатной температуры.

2. Брикеты лежали в конденсате, не касаясь друг друга и стенок сосуда. Они были покрыты слоем конденсата высотой не менее 30 мм.

3. Брикеты выдерживались в конденсате 2 ч, после чего подставку с брикетами вынимали из сосуда, давали стечь конденсату в течение 2 мин и брикеты взвешивали.

<u>Водопоглощение</u> брикетов (X) в процентах вычисляли по формуле

$$X = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100\%$$

где, M_1 - масса брикетов до испытания, кг;

M_2 - масса брикетов после испытания, кг.

Таким образом, используя методику при определении массы брикетов, водопоглощаемость брикетов определялась с погрешностью ± 2,5%.

Далее брикеты испытывали на остаточную механическую прочность на раздавливание. Брикеты считались водоустойчивыми, если после двухчасового пребывания в воде они сохраняли остаточную механическую прочность не менее 40 % от первоначальной.

5. ***Погрешности при измерении концентрации связующего***.

При определении концентрации связующего нами использован весовой метод. Для определения весов порошка связующего и воды использовали электронные весы марки весах марки CAS SWH – 03 с максимальном взвешиваемым весом 3 кг и точность измерения 1 грамм.

Погрешность измерения, таким образом, составляет 2,5%.

Для изготовления партии образцов брикетов бралась угольная мелочь весом 2 кг . При этом относительная погрешность определения веса шихты ДШ составляет ± 0,025%.

Так же, относительная погрешность при определении необходимого веса порошка ДП связующего 40 граммов (20% от веса угольной мелочи) составляет 12,5%.

Также, относительная погрешность при определении веса воды ДВ составляет 6,2 %.

Таким образом, концентрация связующего в брикетах определяется с относительной погрешностью

$$\varepsilon = (ДШ + ДП + ДВ) / (Ш + П + В) = 4{,}63\%.$$

Достаточное количество (объем, выборка) измерений (статистическое количество данных) использование апробированных методов математической обработки результатов измерений, использование апробированных методов математического планирования эксперимента позволяет утверждать, что полученные в диссертационной работе результаты являются достоверными