



Институт электронного обучения  
Направление подготовки – Химическая технология  
Кафедра – Химической технологии топлива и химической кибернетики

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование углей Изыхского месторождения

УДК 622.333:615.326

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Батурина Анастасия Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маслов С.Г.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Сечина А.А.	к.х.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой ХТТ и ХК	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016

### Запланированные результаты

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)

<b>результата</b>	
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов сепарации.
P2	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке.
P3	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
P4	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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



Институт электронного обучения  
Направление подготовки – Химическая технология  
Кафедра – Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. ХТТ и ХК, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Юрьев Е.М.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы  
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 2Д11	Батурина Анастасия Владимировна

Тема работы:

Исследование углей Изыхского месторождения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом работы	1 июня 2016 года
-----------------------------	------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

Исходные данные к работе	Аналитические пробы углей Изыхского месторождения. Определить свойства 53 проб угля. Дать рекомендации по направлениям их использования. Применить стандартные и оригинальные методики.
Перечень подлежащих исследованию,	Введение – Минусинский угольный

<b>проектированию и разработке вопросов</b>	бассейн. Аналитический обзор – направления использования каменных углей. Теоретический анализ – влияние минеральной части на свойства углей. Постановка задачи исследования. Результаты работы и их обсуждение. Финансовый менеджмент. Социальная ответственность. Заключение. Список используемых источников.
<b>Перечень графического материала</b>	Характеристика объекта исследования. Результаты работы.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент</b>	<b>Сечина А.А.</b>
<b>Социальная ответственность</b>	<b>Чулков Н.А.</b>
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маслов С.Г.	к.т.н., с.н.с.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Батурина А.В.		

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



Институт	Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Период выполнения	весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д11	Батуриной Анастасии Владимировне

Тема работы:

Исследование углей Изыхского месторождения	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**ЗАДАНИЕ**

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</b>	<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально – технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>
	<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>
	<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>2. Матрица SWOT</i> <i>3. График проведения и бюджет НИ</i> <i>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Сечина А.А.	к.х.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Батурина А.В.		



Институт	Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Химическая технология топлива и химической кибернетики
Период выполнения	весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д11	Батуриной Анастасии Владимировне

Тема работы:

Исследование углей Изыхского месторождения	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### ЗАДАНИЕ

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»</b>	<p><i>1. Описание химической лаборатории (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- работа с вредными веществами предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем — индивидуальные защитные средства)</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).</li> </ul>
	<p>2. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>
	<p>3. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> </ul>
Перечень графического материала	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.04.2016
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, Звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		14.04.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Батурина А.В.		14.04.2016

## **Реферат**

Бакалаврская работа содержит 100 страниц, 21 таблиц, 38 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: пробы, влажность, зольность, выход летучих веществ, требования, рекомендации.

Объектом исследования является каменный уголь с месторождения «Изыхское».

Цель работы – Исследование углей месторождения «Изыхское».

В процессе исследования проводились работы по стандартным методикам технического анализа, эмиссионного спектрального анализа.

В результате исследования можно сделать заключение, что угли можно применять в энергетическом комплексе, при слоевом сжигании, в пылевидном состоянии, а также в химической промышленности.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. ГОСТ 27314-1991. Метод определения аналитической влаги.
2. ГОСТ 11022-95. Метод определения зольности.
3. ГОСТ 6382-2001. Метод определения выхода летучих веществ.
4. ГОСТ 28974 – 91. Метод определения эмиссионным спектральным анализом.
5. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. ГОСТ 12.1.003– 2014.ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум.
7. ГОСТ ISO 9612-2015\* Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах.
8. ГОСТ 12.1.019- 2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ 17.2.3.02—78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

## Оглавление

Введение.....	13
1 Требования к качеству угля (аналитический обзор) .....	16
1.1 Традиционные направления использования углей.....	17
1.2 Нетрадиционные направления использования углей.....	21
2 Минеральная часть.....	27
2.1 Классификация минеральных компонентов углей.....	27
2.2 Состав минеральных компонентов углей.....	29
3 Постановка задачи исследования.....	41
4 Экспериментальная часть.....	42
4.1 Характеристика объекта исследования.....	42
4.2 Методика проведения работы.....	43
4.3 Результаты испытаний.....	44
4.4 Обсуждение результатов исследования.....	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
6 Социальная ответственность.....	70
Заключение.....	85
Список используемой литературы.....	86
Приложение.....	90

## Введение

Минусинский угольный бассейн расположен в центральной части Алтае-Саянской складчатой области в пределах одноименной впадины. Бассейн характеризуется небольшими размерами, компактностью и благоприятными условиями эксплуатации, позволяющими вести добычу угля на значительной части его территории открытым способом. Некогда обширная площадь угленосных отложений бассейна большей частью эродирована, и в настоящее время он представлен группой разрозненных месторождений, из которых промышленное значение имеют только четыре: Черногорское, Изыхское, Бейское и Аскизское [1].

Сравнительно небольшие ресурсы и удаленность разрабатываемых месторождений Минусинского бассейна от крупных промышленных центров наряду с наличием в регионе высококачественных каменных углей Кузнецкого и дешевых бурых углей Канско-Ачинского бассейнов несколько ограничивают перспективы его освоения.

В то же время Минусинский бассейн уже почти 40 лет рассматривается как потенциально германиеносный объект. Выполненная в 1960-е гг. Красноярским геологическим управлением оценка германиеносности углей Черногорского и Изыхского месторождений привлекла внимание к нему как к возможному источнику германиевого сырья, но в связи с невысоким средним содержанием германия в угольных пластах эти работы не получили дальнейшего развития.

Эти обстоятельства обусловили слабую геохимическую изученность углей Минусинского бассейна. По существу, все работы до 1997 г. Ограничивались обязательной при разведке месторождения угля оценкой содержания элементов-примесей методом полуколичественного спектрального анализа. Исследования, основанные на данных количественного анализа, проводились и в очень ограниченных объемах, касались отдельных частных вопросов, материалы их не публиковались, в связи с чем широкому кругу специалистов они не известны.

Современная аналитическая база позволяет оценивать угли на наличие ряда компонентов, которые ранее не изучались из-за ограниченной чувствительности и

дороговизны применяемых методов анализа. Широко внедряемый в настоящее время в практику геологоразведочных и поисковых работ метод нейтронно-активационного анализа позволяет достаточно экспрессно определять большой комплекс редких элементов [1].

Изыхское месторождение расположено в центральной части Минусинского бассейна на левобережье р. Енисей выше устья р. Абакан.

В разрезе угленосной толщи Изыхского месторождения насчитывается до 85 угольных пластов и прослоев с суммарной мощностью до 100 м, из них от 18 до 25 – рабочие (мощностью 1,3 м и больше) с общей мощностью 60-75 м. Коэффициент угленосности составляет 5,7 %, в том числе по рабочим пластам -4%. Большая часть угольных пластов, особенно тонких и средних, имеют простое строение. Пласты сложного строения включают чаще всего тонкие породные прослои, не отказывающие существенного влияния на среднепластовую зольность угля.

Пласты изыхской свиты распространены ограниченно. В верхней части свиты отмечено два мощных пласта угля – XXX и XXXI. Они сохранились от эрозии лишь в центральной части изыхского месторождения.

На возвышенной части месторождения, которая является водоразделом рек Абакана и Енисей, развита мощная зона выветривания, сохранившаяся вместе с останцами древнего рельефа. В долинной части месторождения палеорельеф, а с ним и зона выветривания полностью смыты, поэтому непосредственно под аллювием, как правило, залегают угли, совершенно не затронутые выветриванием.

По марочному составу изыхские угли – переходные от газовых к длиннопламенным. Угли самых нижних пластов, согласно И.Б. Волковой, относятся к газовым, а остальных – к длиннопламенным. Переход одних углей в другие постепенный.

Влажность углей  $W_r$  колеблется от 5,8 до 17%, в редких случаях до 20-22%. По содержанию золы они преимущественно средnezольные ( $A_d$  от 11,5 до 20%). Некоторое повышение зольности углей наблюдается в разрезе в направлении от чернойгорской свиты к нарылковской. Зольность углей восточного борта мульды

(район максимального угленакопления), несколько ниже, чем зольность углей по другим участкам.

Выход летучих ( $V_r$ ) по отдельным пробам в подавляющем большинстве случаев колеблется от 30 до 45 % повышаясь иногда до 50-60% или снижаясь до 26%.

Изыхские угли малосернистые – 0,3 – 0,6 %, и только по пластам нарылковской свиты содержание серы увеличивается до 1,3 – 2,2 %. Содержание фосфора от 0,01 до 0,03 %; в исключительных случаях – 0,1 – 0,17 %.

Угли месторождения относятся к труднообогатимым. Для коксования обычным методом они не пригодны. Полукоксование показало низкий выход смолы (до 11 % на сухое топливо и 14 % на горючую массу). Испытания на газификацию дали отрицательные результаты.

Высокая теплотворная способность и свойство выдерживать длительное хранение и перевозки позволяют считать угли изыхского месторождения высококачественным энергетическим топливом.

Известно, что геохимические особенности угленосных толщ в значительной степени определяются металлогеническими и геохимическими особенностями областей питания бассейна угленакопления. Основные черты металлогении, наряду с другими факторами, определяют, как спектр основных элементов-примесей, так и уровни их накопления в углях.

В этом отношении Изыхское месторождение, как часть Минусинского каменноугольного бассейна, представляет определённый интерес, так как слагающие ближайшее обрамление геологические образования весьма разнообразны по возрасту, составу и геохимической специализации. Известные в пределах обрамления месторождения и проявления полезных ископаемых разнообразны по генезису, составу руд и геохимическому спектру основных и попутных компонентов.

Данные геохимические особенности Изыхского месторождения особенно контрастно видны при анализе уровней накопления элементов-примесей в золах углей. Необходимо подчеркнуть резкую обогащенность зол углей относительно

кларка для верхней Земной коры на порядок и более германием, сурьмой, никелем, кобальтом и селеном. В них значительно повышены содержания Sc, Zr, Hf, Cr, Fe, Cd, Zn, V, Be, B, Sr, Mo, U, Y, Nb и редкоземельных элементов. В то же время они обеднены рубидием, цезием и галлием [Миронов, 1991] [1].

# 1 Требования к качеству угля

(аналитический обзор)

Преобладание запасов угля над остальными видами органического сырья позволяет считать его наиболее перспективным источником для производства синтетического газообразного, жидкого и твердого топлив, а также важнейшим продуктом для получения разнообразных химических веществ и композиционных материалов. Отношение к углю, как к энергоносителю и сырью для химической промышленности, неоднократно претерпевало заметные изменения, которые определялись технико-экономическими, политическими и другими соображениями [12]. Но сейчас уголь является одним из основных энергоносителей органического происхождения, а также альтернативным источником сырья для химической промышленности.

Разнообразие углей по структуре и свойствам ставит перед исследователями задачу поиска путей оптимального использования их энергохимического потенциала, что, в свою очередь, определяет круг научных исследований, направленных на процессы переработки углей топливного и нетопливного назначения [13].

Эффективное использование ископаемых углей связано с реализацией природного потенциала их органического вещества, который может быть представлен как совокупность энергетического, металлургического, углеродного и химического потенциалов. Реализация энергетического и металлургического составляющих природного потенциала обеспечивается основными (традиционными) направлениями использования добываемых углей, связанными соответственно с производством тепла и электроэнергии в энергетике и коммунально-бытовой отрасли и получением чугуна, стали и ферросплавов в металлургической отрасли промышленности.

Углеродный потенциал обуславливает способность угольных веществ к формированию графитоподобных углеродистых структур, а также новых форм

кластерного углерода, используемых при получении разнообразных углеродных и композитных материалов широкого профиля и специального назначения.

Практическое использование химического потенциала углей связано со многими углехимическими процессами, уже реализованными в промышленности, а также с разработанными новыми технологиями.

Реализация углеродного и химического потенциала ископаемых углей осуществляется на практике в процессах нетрадиционных направлений использования, к числу которых относится получение электродных изделий и футеровочных материалов, литейного термоантрацита, углеграфитовых материалов и термографита, адсорбентов, карбюризаторов и энергоносителей в сталеплавильном производстве, карбидов, горного воска, гуминовых препаратов и углещелочных реагентов, ионообменных материалов (сульфоуглей), синтетического жидкого топлива.

Несмотря на наличие теоретических разработок и опыта использования твердых горючих ископаемых как источника химического сырья, на производство значительной части нетрадиционной продукции из них отсутствуют регламентированные критериальные оценки, технические условия и требования промышленности к их получению. Кроме того, уникальная минерально-сырьевая база производства дефицитной и нетрадиционной продукции из углей еще не оценена [14].

## **1.1 Традиционные направления использования углей**

**1.1.1 Применение угольного сырья в энергетике.** Основной технологический процесс или традиционное использование – сжигание углей на ТЭЦ и в различных топочных устройствах, в том числе в топках судов, энергопоездов, а также в коммунально-бытовых печах. Процесс осуществляется двумя способами: пылевидным или слоевым сжиганием. Энергетическая ценность угля прежде всего обусловлена непринадлежностью его у определенной марке, а

наличием балласта, в качестве которого для бурых углей будут минеральные примеси и влага, а для каменных – примеси и степень углефикации (стадия метаморфизма). В итоге причиной различной энергетической ценности углей можно считать их природные особенности. Ископаемые топлива, являясь основой энергопроизводства и соответственно общего экономического развития страны одновременно служат источником наиболее серьезных, региональных и глобальных экологических проблем. В частности, они являются причиной эмиссии различных парниковых газов, прежде всего СО<sub>2</sub>, выпадения кислотных дождей, пыли и других загрязнений. Это требует принятия радикальных мер со стороны промышленно развитых стран, направленных на широкое распространение и внедрение современных экологически чистых технологий, обеспечивающих высокую полноту использования топлива при максимально низкой вредной нагрузке на окружающую среду. С применением ряда общеизвестных мировых технологий, многие из которых в последние годы были экспериментально освоены, можно добиться достаточно высокой степени экологичности энергетических предприятий, работающих на угольном топливе.

В мировой практике развиваются следующие направления получения экологически чистого высококачественного окискованного топлива для бытовых целей:

Производство термобрикетов, полученных горячим прессованием при температуре термической деструкции углей с высоким выходом летучих веществ;

Производство брикетов со связующим из мелких фракций угля с низким выходом летучих веществ, антрацитов, полукокса и кокса;

Производство брикетов (или гранул) со связующим из углей с высоким выходом летучих веществ с последующей их термической обработкой с целью снижения дымности и повышения теплотворной способности.

Применение водоугольного топлива (ВУТ) является реальной возможностью замены малоэффективных методов его сжигания в слоевых топках. В нем нет балластных компонентов – все компоненты такого топлива активны. Водоугольное топливо производится из углей любой марки (каменных, бурых, антрацитов) и любой зольности (до 50% на сухую массу) и может быть использовано в топочных устройствах любого типа, включая камерные топки, топки с кипящим слоем и др.

Стратегическими целями при внедрении водоугольного топлива являются:

Минимизация затрат на реконструкцию существующих систем теплоэнергетики;

Повышение экономической и экологической эффективности систем теплоэнергетики и создание экономической мотивации для отказа от использования топочного мазута, природного газа и угля со слоевым сжиганием;

Повышение надежности и гарантированной работоспособности систем теплоэнергетики;

Повышение энергобезопасности конечных потребителей.

Экологические преимущества ВУТ перед другими видами топлива были высоко оценены представительной комиссией при проведении в 2005 году. Первого всероссийского конкурса русских экологических инноваций. Применение экологически чистого водоугольного топлива – один из путей энергосбережения.

Во всем мире уголь стал объектом приложения современных фундаментальных исследований и научных методов. Некоторые технологии позволяют кардинально изменить свойства угля и существенно повысить его энергетическую ценность, увеличив теплоту сгорания и уменьшив зольность. Среди них – мембранные и нанотехнологии, плазменные технологии, подземная газификация. Все перечисленные методы хорошо знакомы российским ученым и потребителям – энергетическим предприятиям, но войти в государственную

программу и получить финансирование для развития и внедрения новой технологии сегодня очень сложно [15].

**1.1.2 Применение угольного сырья в коксохимии.** К традиционному направлению относится использование угольного сырья в коксохимической отрасли промышленности с целью получения кокса и других продуктов. Для этого применяются широкий набор марок каменных углей – ДГ, Г, ГЖО, Ж, КЖ, К, КС, КО, КСН, СС, ОС, ТС (ГОСТ 25543-88), значительно отличающихся по коксующести и спекаемости.

Без смешивания с другими углями кокс требуемого качества может быть получен только из углей марки КЖ. Согласно критерию оптимальности состава и качества угольных шихт, кокс максимальной возможной прочности может быть получен из смеси с участием трех групп углей: спекающей основы (ГЖ+Ж), коксовой присадки (ОС+К+КО) и отошающей (КС+КСН). Расчетная усредненная оптимальная шихта, по состоянию на 2000 г., имеет следующую марочную структуру (в %): угли марок ГЖ+Ж – 49,6, ОС+К+КО – 35,2 КС+КСН – 15,2. При этом регламентируются усредненные величины выхода летучих веществ - -25%, толщины пластического слоя – не менее 15 мм, показателя отражения витринита – в пределах 1,10-1,15% при содержании этого микрокомпонента более 60% и суммы отошающих компонентов – не более 35%.

Состав и структура коксовых шихт на конкретных коксохимических предприятиях значительно варьируют в зависимости от фактически поставляемых углей, но с учетом перечисленных ограничений.

Для коксования пригодны угли перечисленных выше марок со следующими регламентируемыми показателями в зависимости от бассейна добычи и марки:

зольность: необогащенного угля – не более 25,0-36,0, обогащенного – не более 7,0-14,5%;

массовая доля общей серы: необогащенного угля – не более 1,0-3,0, обогащенного – не более 1,0-3,0%;

массовая доля рабочей влаги: необогащенного угля- не более 8,0-10,5, обогащенного – не более 6,0-12,0%.

Коксуемость углей зависит от их петрографического состава, степени углефикации, выхода летучих веществ, температурного интервала перехода в пластическое состояние, степени вязкости в этом состоянии, динамики газовыделения, а также технологии подготовки угольной шихты и режима коксования.

## **1.2 Нетрадиционные направления использования углей.**

**1.2.1 Углеродистые наполнители.** Одно из важнейших направлений использования высокометаморфизированных углей и антрацитов в промышленности – получение на их основе углеродистых наполнителей (термоантрацита) для электродного производства и футеровочных материалов. Углеродистые наполнители являются основным сырьем для производства широкого класса изделий, которые в значительной степени определяют эффективность и стабильность работы целого ряда отраслей (химической отрасли промышленности, цветной и черной металлургии, машиностроения) [11].

В связи с большим разнообразием сфер применения термоантрацитов они должны характеризоваться стойкостью по отношению к различным средам и термическому воздействию в широком интервале температур (150-2000°C).

Согласно существующим требованиям, для получения термоантрацита необходимо использовать низкозольные ( $A^d < 5\%$ ) углеродистые материалы.

Получение углеродистого наполнителя (термоантрацита) с заданными свойствами возможно путем использования исходного сырья определенного качества и подбора оптимальных технологических параметров производства (скорости нагрева, конечной температуры и времени изотермической выдержки).

**1.2.2 Углеродистые восстановители.** Углеродистые восстановители (карбовосстановители) находят свое применение главным образом в производстве ферросплавов (ферросилицит, феррохром, силикомарганец и др.), химической

отрасли промышленности, цветной металлургии и других электротермических производствах (например, карбида кальция). До последнего времени в качестве карбовосстановителей (КВ) используется полукокс, так называемый коксовый орешек (отсев валового кокса крупностью 10-25 мм) и даже металлургический кокс (около четверти выпускаемого объема), проводимые из углей дефицитных марок (ГЖ, ж, КЖ, К, ОС).

**1.2.3 Карбюризаторы и корбонизаторы.** В настоящее время в сталеплавильном кислородно – конвертерном производстве, особенно с повышенным использованием металлолома, а также при плавке сталей в электродуговых печах в качестве источника углерода применяются твердые карбюризаторы и корбонизаторы. Их основой могут служить полукокс, коксовая мелочь, древесный уголь, каменный уголь и антрацит.

Требования к угольному сырью для производства карбюризаторов и корбонизаторов:

карбюризаторы -  $A^d < 8\%$ ,  $S^d_t$  не более 0.5%,  $V^{daf}$  не более 20.0%,  $R_o > 1.30\%$ , технологическая группа ОС, ЗСС, Т, А, содержание  $SiO_2$  в золе не более 60.0%.

корбонизаторы -  $A^d < 15\%$ ,  $S^d_t$  не более 0.5%,  $V^{daf}$  не более 12.0%,  $R_o > 1/50\%$ , технологическая группа 2Т, А.

**1.2.4 Углеграфитовые материалы и термографит.** Для производства различных углеграфитовых материалов (УГМ) могут применяться малозольные ( $A^d < 2\%$ ) спекающиеся угли с невысоким (<20%) выходом летучих веществ, а также смеси спекающихся и неспекающихся углей. УГМ и изделия из них (электроды, аноды щетки для электрических машин, конструкционные и антифрикционные материалы и др.) широко применяются в производстве сталей, алюминия, в атомной промышленности, авиации, ракетостроении и т.п.

**1.2.5 Углеродные адсорбенты.** Ископаемые угли – уникальное сырье для получения адсорбентов вследствие наличия в них развитой системы пор различных

размеров, образующихся на определенных этапах углеобразования. Адсорбционная способность углей и их качество как адсорбентов могут быть существенно изменены в результате соответствующей подготовки и термической переработки.

Для получения угольных сорбентов используются угли различных стадий метаморфизма от бурых до антрацитов [11].

В зависимости от свойств исходного сырья применяются различные технологии процессов получения углеродных адсорбентов – это карбонизация (термическая обработка) исходного сырья и активация полукокса в среде различных окислителей (водяного пара, кислорода, диоксид углерода).

В зависимости от целевого назначения адсорбентов и свойств исходного сырья их получают в виде порошков, зерен, гранул. Более перспективным направлением является получение гранулированных адсорбентов, т.к. гранулированные адсорбенты более прочные, могут регенерироваться и использоваться неоднократно длительное время.

Порошкообразные адсорбенты после одноразового применения обычно подлежат уничтожению.

Зерновые адсорбенты не пригодны для использования в высокопроизводительных промышленных процессах вследствие неправильной формы и легкой истираемости частиц и область применения таких адсорбентов ограничивается лишь очисткой сточных вод от загрязнений.

В высокопроизводительных промышленных процессах, а также в медицине, для извлечения золота, серебра и редких металлов из рудных пульп, удаления тяжелых металлов и радионуклидов применяют более дорогостоящие гранулированные адсорбенты. На основе спекающихся углей могут быть получены гранулированные углеродные адсорбенты с высокой механической прочностью.

**1.2.6 Ионообменные материалы (сульфоугли).** Ионообменные материалы (сульфоугли) представляют собой эффективные ионообменные материалы, играющие важную роль в решении проблем очистки технической воды и охраны окружающей среды. Они используются для деминерализации воды на тепловых

станциях и котельных установках, могут применяться для очистки растворов в пищевой отрасли промышленности, для извлечения ценных компонентов из сточных вод, разделения изотопов, редкоземельных и радиоактивных элементов и т.п. При этом сульфоугли выполняют роль не простого адсорбционного материала, а являются полифункциональными сильнокислотными катионами, дешевыми и экологически чистыми [11].

**1.2.7 Карбиды.** Карбиды – это соединения углерода с различными элементами, главным образом, металлами и некоторыми неметаллами. Благодаря значительному разнообразию свойств они находят широкое применение во многих отраслях техники. Карбид кальция  $\text{CaC}_2$  используется для получения ацетилена: тугоплавкие карбиды применяют в высоко температурных процессах (нагреватели электропечей сопротивления, защитные чехлы для термопар, тигли и др.) На основе сверхтвердых и износостойких карбидов производят металлокерамические твердые сплавы и абразивные материалы, а также жаропрочные и жаростойкие сплавы. Благодаря высокой химической стойкости карбиды могут быть использованы при изготовлении оборудования химической отрасли промышленности [11].

Основные методы получения карбидов – термическое воздействие на смеси порошков различных элементов и угля в инертной или восстановительной атмосфере, а также сплавление металлов с одновременной карбидизацией при 1500-2000°C.

**1.2.8 Синтетические виды топлива из углей.** Необходимость создания промышленности синтетических топлив из угля в России обусловлена резким падением добычи нефти, трудностью транспортировки дешевых углей Сибири и Центральные районы, высоким соотношением цен нефть/уголь, а также экологическим ограничением крупномасштабного сжигания углей вблизи мест их добычи с последующей передачей электроэнергии в Центральные районы [11].

Исследования в области технологии ожижения угля в настоящее время осуществляются в следующих направлениях: гидрогенизационное ожижение,

термическое растворение с применением доноров, водорода, пиролиз (непосредственный или гидропиролиз) и косвенное ожижение (процесс Фишера-Тропша).

Получаемые из угля синтетические топлива обычно классифицируют по агрегатному состоянию на твердые, жидкие и газообразные.

К настоящему времени в России разработаны теоретические основы технологии процесса деструктивной гидрогенизации углей (метод ИГИ) и обоснован единый научный принцип подбора сырья для ожижения (ГОСТ 25545-88).

Несмотря на наличие теоретических разработок и опыта использования твердых горючих ископаемых как источника химического сырья, на производство значительной части нетрадиционной продукции отсутствуют регламентированные критериальные оценки, технические условия и требования промышленности к их получению. Заключение о возможных направлениях использования углей в энергетическом комплексе, а также в химической промышленности, в настоящее время, основывается на соответствии углей имеющимся требованиям, которые приведены в табл. 2.2 [11].

**Угли для цементных печей.** Требования к углям, предназначенным для цементных печей, нормируют содержание золы, влаги, выход летучих веществ, толщину пластического слоя, теплоту сгорания, кусковатость, содержание мелочи и минеральных примесей.

**Угли для известковых печей.** Требования к этим углям предусматривают ограничения по зольности, влаге, кусковатости, содержанию мелочи, марочному составу.

**Угли для обжига кирпича.** В углях для кирпичного производства нормируются зольность, влага, толщина пластического слоя, теплота сгорания, выход летучих, кусковатость, содержание мелочи и минеральных примесей.

**Угли для коммунальных нужд.** Требования к этим углям определяют марочный состав и группы углей, выход летучих веществ, толщину пластического

слоя, теплоту сгорания, влажность, кусковатость, содержание мелочи и минеральных примесей.

## **2 Минеральная часть углей**

(теоретический анализ)

Существуют различные, иногда взаимно исключаящие друг друга представления о химическом строении твердых горючих ископаемых (торфах, сланцах, углях). По-видимому, применительно к углям наибольшее количество экспериментальных данных объясняется их структурой как «самосогласованного мультимера».

В то же время общим для всех существующих точек зрения является то, что твердые горючие ископаемые представляют собой гетерогенную систему органических и неорганических (минеральных) веществ, соотношения между которыми, а также размер включений и степень гомогенности распределения минеральных веществ изменяются в широких пределах. Практически все элементы, образующие органические соединения твердых горючих ископаемых, входят в состав их минеральных веществ. Тем не менее углерод, водород, кислород и азот, из которых состоит основная масса органического вещества, принято рассматривать как органические компоненты, а остальные элементы – как неорганические (минеральные) [2].

В данной главе будет подробно рассмотрен этот вопрос. Мы дадим подробную классификацию минеральных компонентов в углях и подробно изучим состав минеральной части углей.

### **2.1 Классификация минеральных компонентов углей**

В твердых горючих ископаемых обнаружены практически все элементы периодической системы Д.И. Менделеева. Однако их концентрации изменяются в очень широких пределах — как меньше, так и значительно больше кларка. Поэтому целесообразно, применяя принцип, предложенный В.И. Вернадским, разделить их на следующие группы, отличающиеся значениями концентрации элементов в углях.

1. Главные элементы — содержание их в углях превышает 0,1% или 1000г/т. К этим элементам относят углерод, водород, кислород, азот, серу, кремний, алюминий, железо, магний, натрий, калий, титан, кальций. Выше

перечисленные элементы называют макрокомпонентами минеральной части или, за исключением серы, основными золообразующими элементами, так как они образуют основную массу золы (остатка после окисления твердого топлива в определенных условиях).

2. Малые элементы — содержание их в углях не превышает 1000 г/т. эту группу принято подразделять еще на 3 подгруппы:
  - Собственно, малые элементы — содержание их в углях колеблется от 1000 до 10 г/т. К ним относятся бор, фтор, фосфор, хлор, иногда титан, ванадий, хром, марганец, никель, медь, цинк, мышьяк, свинец, барий, цирконий.
  - Редкие элементы — содержание их чаще всего составляет от 0,1 до 10 г/т угля. К этим элементам относят литий, бериллий, скандий, кобальт, галлий, германий, селен, стронций, бром, рубидий, иттрий, ниобий, молибден, кадмий, олово, сурьму, йод, цезий, лантан, вольфрам, висмут, уран, иттербий,
  - Ультраредкие элементы — их содержание не превышает 0,1 г/т угля. К этим элементам относятся золото, серебро, индий, рений, ртуть, иридий, платина [3].

**Ценные компоненты.** Промышленное значение в углях в настоящее время имеют германий и уран, а в комплексе с ними (т.е. при возможности совместного извлечения) галлий, свинец, цинк, молибден, селен, золото и серебро.

**Токсичными** (с позиции создания при сжигании твердого топлива опасных концентраций в атмосфере, водах и почвах) в настоящее время считается сера, ртуть, мышьяк, бериллий, фтор при концентрациях выше предельных [4].

К **потенциально токсичным** относятся элементы, токсичные в содержаниях, ниже предельно допустимых, свинец, ванадий, никель, хром и марганец

К **технологически вредным** элементам относятся сера, фосфор в углях, используемых для получения доменного и литейного кокса, мышьяк в энергетических углях, используемых для производства германия, хлор в энергетических углях и некоторые другие элементы.

**Технологически полезными** элементами в углях являются молибден, никель, кобальт, олово, и цинк как катализаторы при использовании углей для производства жидкого топлива.

Таким образом, одни и те же химические элементы могут выступать в разном качестве, что чаще всего зависит от их начальных концентраций в угле и от режима промышленного использования углей.

В настоящее время исследования неорганического вещества угля ориентированы в первую очередь на оценку распределения и форм нахождения потенциально токсичных элементов (Hg, As, Sb, Se, Be, F, Pb, V, Ni, Cr, Mn), в том числе и радиоактивных (U, Th), и лишь во вторую очередь – на возможность попутного извлечения ценных элементов – примесей (Ge, U, Ga, а также Sc, Mo, Au, Ag, Re).

## **2.2 Состав минеральных компонентов углей**

Минеральные примеси, содержащиеся в ископаемом твердом топливе, могут быть разделены на внутренние (внутренняя зола), отложившиеся в пластах топлива в процессе их образования, и внешние (внешняя зола), попавшие в него при добыче из окружающих пород – кровли, почвы и прослойков [5]. Под внешней золой понимают суммарное количество неорганических компонентов, представленных минералами, легко отделяемыми в самостоятельные фракции при разделении физическими методами.

Внутренние минеральные вещества рассматриваются иногда как соединения неорганического материала с органическим веществом угля. В этом случае неорганический материал может и не представлять состава минеральных веществ растений, образовавших уголь [6].

Количество и форма минеральных включений и примесей зависит от условий углеобразования, минерализации циркулирующих подземных вод, пористости и трещиноватости угля, т.е. почти от всех факторов, которые обуславливают разнообразие петрографического состава, а также строения угольных пластов.

Согласно Л. Л. Нестеренко (1953), существуют различные формы связи органических и неорганических веществ в углях:

1) минеральные вещества механически примешиваются к органическим веществам.

2) минеральные и органические вещества образуют сростки;

3) минеральные вещества дают химические соединения с органическими веществами.

В первом и отчасти во втором случаях угли легко обогатимы, в третьем случае минеральные вещества не могут быть выделены из углей без более или менее глубокого изменения химических свойств углей.

Минеральные примеси во времени образования по отношению к углям можно разделить на три группы:

1. Минералы, образовавшиеся в торфяной массе в период диагенеза. Это минералы химического происхождения, выпавшие из коллоидных растворов. К ним относятся каолинит, опал, халцедон, серных колчедан, бурый железняк, гематит, сидерит, доломит, реже – кальцит и ряд других редко встречающихся минералов и глинистое вещество. Сюда же принадлежат все конкреционные образования: известковые почки, доломитовые, сидеритовые, сульфидные, глинистые и кремнистые.

2. Минералы, привнесенные в торфяники, отложившиеся одновременно с органическим веществом. Это минералы терригенного происхождения. К ним относятся чаще всего кварц и глинистое вещество. Другие терригенные минералы, в частности каолинит, полевой шпат, слюда, вулканический пепел, встречаются в углях редко.

3. Минералы, образованные в уже сформировавшемся угольном пласте. Обычно они заполняют трещины отдельности. По-видимому, в растворенном виде различные соли, которые вследствие изменения концентраций растворов осаждались на стенках трещин или заполняли их полностью. Это инфильтрационные минералы. Чаще всего это карбонаты (кальцит), нередко пирит и каолинит. Следует отметить присутствие в углях гидротермального жидкого кварца.

Как инфильтрационные минералы, так и гидротермальный кварц являются по отношению к пласту угля эпигенетическими. Некоторые минералы в углях могут иметь химическое, терригенное и инфильтрационное происхождение, другие – только химическое или только терригенное, или инфильтрационное. В общем случае наиболее распространены химические и инфильтрационные минеральные образования, и лишь ничтожную долю составляют терригенные.

К настоящему времени в углях обнаружено свыше 50 минералов. Некоторые из них имеют широкое распространение, других наблюдаются очень редко. Однако практическое значение имеют не более 6-7 минералов, так как содержание остальных обычно не выше 1%.

Три основных класса минералов образуют основное количество минеральных веществ, сопровождающих ископаемые угли: силикаты, в основном алюмосиликаты, т.е. глины и сланцы; сульфида, в которых преобладает сульфид железа и карбонаты кальция, магния и отчасти железа [7].

Ниже минералы перечисляются не по их распространенности, а по общепринятым в минералогии группам (А. Винчелл и Г. Винчелл, 1953), табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Общепринятые группы минералов

Самородные элементы	сера
Сульфиды	серный колчедан (пирит, марказит), халькопирит, галенит, цинковая обманка
Окислы (простые и сложные) и гидроокислы	кварц, халцедон, опал, кварцин, вулканический пепел, гематит, бурый железняк, лимонит, магнетит, рутил, диаспор
Карбонаты	кальцид, сидерит, доломит, арагонит, анкерит
Соли органических кислот	меллит, оксалаты, ацетаты
Сульфаты	гипс, целестин, квасцовый камень
Фосфаты	апатит

Продолжение таблицы 1.1.

Силикаты и алюмосиликаты	каолинит, леверьерит, вермикулит, полевой шпат, слюды (биотит и мусковит), хлориты, циркон, гранат, обычная роговая обманка, эпидот, ставролит, топаз, турмалин, кианит
--------------------------------	---

Размеры минеральных включений в углях различны. Ниже дается краткое описание наиболее распространенных и лучше изученных минеральных примесей в углях.

**2.2.1 Сульфиды.** Сульфид присутствуют в углях преимущественно в виде пирита, редко марказита и имеют эпигенетическое происхождение. Пирит является постоянным компонентом угольных пластов, и на отдельных участках его содержание достигает 10-20%. Содержание серного колчедана в углях иногда бывает значительным.

Марказит в угле довольно трудно отличим от пирита. Обычно его определяют по лучистой структуре, которая иногда наблюдается на периферических участках желваков колчедана. Марказит никогда не образует сплошных масс значительных размеров и часто встречается в виде псевдоморфоз по другим минералам; он легче подвергается выветриванию, чем пирит.

Халькопирит в углях встречается не очень часто, причем главным образом в ассоциации с пиритом.

Галенит изредка встречается и в других углях, главным образом как спутник пирита и марказита.

**2.2.2 Окислы и гидроокислы.** Кварц обычно содержится в углях в количестве 2-5 %, в отдельных пластах его содержание возрастает до 10-20%, и он может являться преобладающим неорганическим соединением. Большая часть кварца имеет терригенное происхождение (Образовавшееся из продуктов

выветривания горных пород) и встречается в виде мелких зерен различной степени октанности.

Халцедон можно обнаружить только под микроскопом. Встречается он в виде овальных телец или мелкой вкрапленности среди прозрачной основной массы угля. Кроме того, иногда он заполняет остатки клеточных полостей в растительных тканях.

Кварцин – волнистая модификация кремнекислоты – был установлен в пласте Среднего Карагандинского бассейна Н.А. Волковым, В.И. Лучицким и С.Д. Четвериковым (1934).

Гематит встречается в углях довольно редко. Он был обнаружен А. И. Гинзбург при микроскопическом изучении антрацитов Восточно – Ферганского бассейна. Зерна гематита, величиной приблизительно 1мм, имели округлую форму и были равномерно рассеяны в гелифицированной основной массе. В отраженном свете они ярко-белые, с высоким рельефом в проходящем свете – оранжевые.

**2.2.3 Карбонаты.** Карбонаты представлены в углях сидеритом, редко анкеритом и имеют эпигенетическое происхождение. Содержание карбонатов обычно не превышает 1-2%.

Кальцит чаще всего выполняет вертикальные трещины в углях, но нередко образует и тонкие прослойки. Он имеет чисто белый цвет, обладает всеми присущими кальциту физическими и оптическими свойствами.

Кальцит является инфильтрационным минералом. Растворы, содержащие углекислый кальций, проникая в вещество угля, заполняли в нем трещины и формировали многочисленные прослоечки и линзочки, напоминающие сингенетичные образования.

Сидерит различим в углях только под микроскопом. Согласно Л.И. Боголюбовой (1949), в прозрачных шлифах углей ерунаковской свиты он имеет вид желтоватых или буроватых, иногда несколько сплюснутых сферолитов, большей частью равномерно рассеянных в прозрачной основной массе.

**2.2.4 Силикаты и алюмосиликаты.** Из алюмосиликатов наиболее распространены глинистые минералы, полевые шпаты и в некоторых углях — вулканическое стекло.

Глинистые минералы в углях находятся в виде мелких линзочек или прослоек, реже в обломках. Мелкие линзочки и прослойки каолинита, по данным многих авторов, относятся к сингенетическим образованиям. Каолинит выпадал из раствора и отлагался одновременно с органическим веществом.

Эпигенетический каолинит отлагается в трещинах отдельности блестящих разновидностей углей. Чтобы отличить порошковатый налет каолинита от гипса или в некоторых случаях от кальцита, прибегают к химическому анализу.

Глинистое вещество, почти всегда каолинитовое, обычно является преобладающей минеральной примесью в углях и углистых породах. Содержание глинистых минералов в углях обычно лежит в пределах 2-20% и составляет 40-70 от общего количества минеральных примесей.

Большинство исследователей относит глинистое вещество к сингенетическим образованиям в угле. Однако можно предположить, что наряду с сингенетическими каолинитовыми глинами присутствуют терригенные глины, количество не уступающие первым.

**2.2.5 Железо.** Вследствие особенностей условий образования твердых топлив представлено в основном соединениями Fe (II), чаще всего это сульфиды и сидерит. Обнаружено довольно большое число других минералов железа (гематит, лимонит, магнетит, анкерит, пирротин и др.), но их содержание незначительно. В то же время при определенных условиях, например, при хранении, могут образовываться в небольших количествах так называемые пирофорные соединения (FeO, Fe и др.), взаимодействие которых с кислородом воздуха сопровождается выделением большого количества тепла, вследствие этого они могут быть инициаторами самовозгорания [8].

**2.2.6 Хлориды и сульфаты.** Хлориды главным образом NaCl (галит), сосредоточены в углях ряда месторождений, для которых характерны соотношения Na: K >1. Присутствие в углях отмечается очень редко, хотя есть целый ряд углей, которые содержат значительные количества хлоридов.

Сульфаты присутствуют в углях в виде гипса, целестина и квасцового камня.

Гипс в углях встречается довольно часто, почти всегда в зоне выветривания. По характеру распределения гипс сходен с кальцитом; сернокислые растворы кальция проникали в твердую среду, уже обладавшую трещинами стяжения, и отдельности.

Часто гипс находится совместно с кальцитом или арагонитом, и в таких случаях его происхождение можно объяснить разложением пирита в присутствии углекислого кальция.

Целестин был встречен в Караганде (в пласте Средний) в виде тонкого прожилка между полосами витрена в верхней части третьей пачки. Прожилок выполнен кристаллами, расположенными перпендикулярно к его стенкам. Спектроскопически в целестине обнаружено большое количество стронция, немного бария и следы кальция.

**2.2.7 Кальций и магний.** Кальций и магний содержатся в виде органоминеральных соединений (гуматов), карбонатов, сульфатов, алюмосиликатов. Как правило, содержание магния существенно меньше, чем кальция. Повышенной концентрацией кальция характеризуются твердые горючие ископаемые наиболее низких стадий метаморфизма.

**2.2.8 Сера и фосфор.** Сера обычно присутствует в углях при концентрациях, в целом существенно превосходящих кларк, но варьирующая в широких пределах для углей различных месторождений (от 0,1 до 10-15%). По содержанию серы угли делят на: малосернистые (<1,5%), среднесернистые (1,5-2,5%), сернистые (2,5-4%), высокосернистые (>4%).

Одним из основных процессов, определяющих накопление в углях серы, является превращение растворенных сульфатов в сульфиды и главным образом в сероводород. Во всех случаях, особенно при восстановлении сульфатов серобактериями, этот процесс мог интенсивно протекать лишь в восстановительной среде. Реакция среды, в которой происходило формирование, имела весьма существенное значение и в значительной мере определила сернистость углей.

Соединения фосфора в углях, как и в других осадочных породах, на 95% представлены апатитом. Фосфор в углях содержится в незначительных количествах, порядка 0.01-0.1%, в различных соединениях. В углях для коксования присутствие фосфора весьма нежелательно. Фосфор целиком остается в коксе и в доменной печи переходит из кокса в выплавляемый металл, сообщая ему хрупкость.

**2.2.9 Золото.** Обширная информация о содержании золота в угольных месторождениях позволяет рассматривать уголь в качестве перспективного сырьевого источника этого металла. Вместе с тем, в мировой практике почти нет фактов промышленного получения золота из угля. Единичные исключения из этого правила (Леонов и др., 1998) лишь подчеркивают остроту проблемы. Разработка эффективной технологии попутного извлечения золота из углей или углеотходов возможна лишь при условии ясного представления о формах его нахождения в исходных углях и отходах их использования [9].

**2.2.10 Серебро.** Низкое содержание серебра в большинстве угольных месторождений и недостаточная чувствительность применяемых для исследования аналитических методов обусловили слабую изученность форм его нахождения в углях. Серебро в углях может находиться как в составе органического вещества, так и собственной минеральной форме.

**2.2.11 Германий.** По сырьевым ресурсам распределение германия (объем запасов, %): ископаемые угли и углистые породы 85-88, железистые руды 8-12 и сульфидные руды (свинцово-цинковые, медно-цинковые) 1-3.

При переработке углей германий переходит в золы уноса. С целью получения обогащенных германием продуктов на начальной стадии чаще всего осуществляют плавку золы с добавкой 20-25 мас. % угля и подачей в реакционную зону горячего (600°C) воздуха. При температуре 1180-1260°C в восстановительной атмосфере образуется летучий оксид GeO. Возгоны германия по сравнению с исходной золой обогащены в 10-20 раз (рис.3).

Улавливание возгонов осуществляют в абсорбционных аппаратах орошением раствором HCl. Германий (II) окисляют до германия (IV) продувкой раствора воздухом. Из полученного раствора осаждают германат магния. Этот германиевый концентрат (6-10%Ge) может быть переработан с применением известных процессов: сорбции, экстракции, дистилляции, ректификации, зонной плавки и др. В настоящее время объем производства германия из зол достигает 20% от всего его производства.

**2.2.12 Цинк** концентрируется в сульфидах (в основном, в пирите). Вследствие существенной доли в цинконосных углях сульфидной формы цинка, обогащение углей могло бы служить средством снижения экологической опасности. Однако если в углях доминирует микроминеральная сульфидная форма, обогащение окажется неэффективным.

Наличие цинконосных углей, сильная летучесть цинка и его токсичность делают экологическую проблематику весьма актуальной.

**2.2.13 Гафний.** Проведенные исследования показывают, что накопление гафния обусловлено как минеральным, так и органическим веществом угля и в процессе углеобразования происходит изменение формы нахождения элемента. В торфах, бурых углях и лигнитах существенно преобладает органическая форма нахождения, а в каменных углях – минеральная.

Промышленный гафний добывается только из циркона. Он используется в высокотемпературных сплавах, в керамике, в рентгеновских и телевизионных

трубках, в управляющих стержнях атомных реакторов. Ежегодное мировое производство гафния составляет 60 тонн.

**2.2.14 Иттербий** вместе с другими лантаноидами входит в состав фергюсонита, самарксита, эвксенита, гадолинита, ксенотима, иттриалита, иттрофлюорита. Наиболее высокие содержания суммы редкоземельных элементов характерны для углей девонского возраста [9]. Иттербий используется в спецсплавах, в люминофорах, как газопоглотитель в электровакуумных приборах.

**2.2.15 Уран.** В настоящее время уран является основным элементом, применяемым в качестве ядерного топлива [10]. В высокосолевых углях с околокларковым содержанием урана и в углях снижекларковым его содержанием может преобладать минеральная форма его нахождения.

Развитие химической технологии может привести к неожиданным поворотам в решении проблемы утилизации золошлаковых отходов. Можно ожидать, что процессы углубленной переработки углей с комплексным использованием минеральной их части в XXI веке найдут достойное место [11].

Основные направления комплексного использования минеральной части углей следующие:

- производство концентратов редких металлов – германия, галлия, скандия, иттрия;
- производство сплавов типа ферросилиция, силумина, ферроалюмосилиция;
- производство глинозема, коагулянтов – сульфата или хлорида алюминия;
- производство строительных материалов (цемент, кирпич, каменное литье, дренажные трубы, теплоизоляционные материалы);
- известкование кислых почв, замена известняка или доломита.

### **3 Постановка задачи исследования**

Ископаемые топлива, являясь основой энергопроизводства и соответственно общего экономического развития страны одновременно служат источником наиболее серьезных, региональных и глобальных экологических проблем. Перед нами стоит задача исследования углей и оценка возможности их использования не только в традиционных направлениях (производство тепла и электроэнергии в энергетике и коммунально-бытовой отрасли), но и всестороннее использование углей и сопутствующих им полезных ископаемых, которые повысят рентабельность производства и будут способствовать решению ряда экологических проблем.

В процессе извлечения из недр и использования углей накапливаются значительные массы отходов, и лишь незначительная их часть используется для хозяйственных нужд, главным образом в стройиндустрии.

Разнообразие углей по структуре и свойствам ставит перед исследователями задачу поиска путей оптимального использования их энергохимического потенциала, что, в свою очередь, определяет круг научных исследований, направленных на процессы переработки углей топливного и нетопливного назначения.

В настоящей работе будет проведен технический анализ качества углей, эмиссионный спектральный анализ.

## 4 Экспериментальная часть

### 4.1 Характеристика объекта исследования

Изыхское месторождение - расположено в центральной части Минусинского бассейна на левобережье р. Енисей выше устья р. Абакан. Угленосные отложения выполняют мульду овальной формы площадью около 370км<sup>2</sup>, являющуюся составной частью более крупной Приенисейско-Абаканской мульды. Ширина изыхской мульды, считая за крайние точки выхода подошвы соленоозерской свиты, равна 22 км, расстояние по длинной оси от южного борта мульды до Ташебинского антиклинального поднятия – 29 км. С севера месторождение ограничивается Батеневским поднятием, с запада отрогами Кузнецкого Алатау.

Угли каменные, гумусового происхождения, с характерной неоднородностью состава вследствие переслаивания петрографических разностей блестящих, полублестящих, полуматовых и матовых. В некоторых пластах по наслоению наблюдаются налеты пирита, зерна сферосидерита.

Таким образом было опробовано 6 угольных пластов, отобрано 47 проб угля, углевмещающих пород и внутриугольных партингов (табл. 4.1.).

Таблица 4.1 – Количество и номера проб углей, отобранных на участке Изыхский, Белоярский Изыхского месторождения

№ п.п	Номер сечения	Угольный пласт	Номера проб	Количество проб, всего
<b>Изыхский разрез</b>				
1	1	XXXб	И-1-15÷И-8-15	7
2	2	XXXа	И-10-15÷И-12-15, И-15-15, И-18- 15÷И-24-15	11

Продолжение таблицы 4.1.

3	3	XXб	И-26-15÷И-28-15, И-30-15÷И-33-15, И-35-15, И-36-15,	9
<b>Белоярский разрез</b>				
4	4	XXIIIа	Б-1-15,Б-2-15, Б-4- 15,Б-5-15	4
5	5	XXIIIб	Б-8-15, Б-9-15, Б- 11-15÷Б-14-15, Б- 16-15,Б-17-15	8
Итого				39

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение.

### 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

*Целевой рынок* - сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия угольной, топливной, энергетической отраслей.

*Продуктом (результат НИР)* — разработка способов комплексного использования железной руды, исследование и составление рекомендаций по использованию руды в промышленности.

#### 5.1.2 Технология QuaD

*Технология QuaD* (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Таблица 5.1- Технология QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средне-взвешенное значение
-----------------	--------------	-------	-------------------	------------------------	----------------------------

				(3/4)	(5*2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Качество продукта	0,25	95	100	0,95	0,24
Безопасность	0,10	80	100	0,80	0,08
Надежность	0,09	75	100	0,75	0,068
Технологичность	0,05	45	100	0,45	0,022
Экологичность	0,10	60	100	0,60	0,060
Простота эксплуатации	0,05	60	100	0,60	0,030
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Конкурентоспособность продукта	0,10	70	100	0,70	0,070
Уровень проникновения на рынок	0,10	65	100	0,65	0,065
Цена	0,08	50	100	0,50	0,040
Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	30	100	0,30	0,024
Итого	1,00				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется

по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i$$

где  $P_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{\text{ср}} = 70\%$ . Можно сделать вывод, что перспективность разработки выше среднего.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ инженерного проекта.

SWOT-анализ применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться. Он проводится в несколько этапов.

Результаты SWOT-анализа представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 — Матрица SWOT [1]

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Отсутствие сертификации</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1 Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление спроса на данный вид исследования</p> <p>В3. Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок</p>	<p>Простота применения и адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров. Кроме того, унифицированность и адекватность разработки может уменьшить конкурентоспособность других разработок.</p>	<p>Разработка научного исследования</p> <p>Повышение квалификации кадров у потребителя</p> <p>Приобретение научного оборудования для проведения данного вида исследований</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Конкуренция</p> <p>У3. Введения</p>	<p>Продвижение новой технологии с целью появления спроса. Изучение законодательной базы для вывода технологии</p>	<p>Несвоевременное финансирование научного исследования приведет к невозможности</p>

Дополнительных государственных	на экспорт	Продвижение новой технологии с целью
--------------------------------	------------	--------------------------------------

требований к сертификации		появления спроса
У4.Ограничение экспорт технологии	на	

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Таблица 5.3 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей [1]

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме (литературный обзор)	Бакалавр
	3	Постановка задачи исследования	Бакалавр, руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Выполнение эксперимента (экспериментальная часть)	Бакалавр

	5	Обработка и обсуждение результатов	Бакалавр, Руководитель
Оформление	6	Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр, Руководитель
	7	Составление пояснительной записки	Бакалавр

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [16]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$  [16]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Результаты расчетов приведены в таблице 5.4.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

*Диаграмма Ганта* – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [16]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности. Коэффициент календарности определяется по следующей формуле [16]:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = 1,5$$

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

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

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

Таблица 5.4 - Временные показатели проведения научного исследования [16]

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	$T_{pi}$	$T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни			
Составление и утверждение задания	2	3	2,4	Руководитель	2,5	4



3	Постановка задачи исследования	Бакалавр Руководитель	5															
4	Экспериментальная часть	Бакалавр	42															
5	Результаты и обсуждение	Бакалавр Руководитель	12															
6	Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр Руководитель	9															
7	Оформление	Бакалавр	18															

□ - бакалавр      ■ - руководитель

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [16]:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}$$

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

$N_{расхi}$  - количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного

исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  — цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$ - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

### **5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений [16].

Таблица 5.6 – Материальные затраты

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за ед.	Материальные затраты, руб.
Уголь каменный марки Д	кг	0,5	65	78

### **5.3.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной

научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений [16].

Таблица 5.7 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ [16]

№	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Аналитические весы	1	15000	15000
2	Муфельная печь	1	40000	40000
3	Сушильный шкаф	1	13000	13000
4	Бюксы с крышками	12	50	600
4	Эксикатор	3	630	1890
5	Тигли фарфоровые	12	50	600
Итого				35090

### 5.3.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [16]:

$$Z_{п} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) рассчитывается по следующей формуле [16]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [16]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Баланс рабочего времени [16]

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	100	120
Количество нерабочих дней	35	35
Потери рабочего времени - отпуск  - невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	65	85

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot k_p$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб. (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы [16]

Исполнители	З <sub>гс</sub> , руб.	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30244,4	4839	22	106458
Бакалавр	8000	1,3	10400	1272	22	27984
Итого						134442

### 5.3.5 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле [16]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Руководитель:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 35058 = 15969$$

Инженер:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 27984 = 3358$$

### 5.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [16]:

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1% [17].

Таблица 5.10 - Социальные отчисления и дополнительная заработная плата

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	106458	15969
Бакалавр	27984	3358
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого		
Руководитель	33178	
Бакалавр	8494	

### 5.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [16]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 5.3.8 Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ (Сырье)	78
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	35090
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	134442
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19327
5. Социальные отчисления	41672
6. Накладные расходы	36897
7. Бюджет затрат НИИ	267584