

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01. «Химическая технология»  
(Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов)  
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Влияние вулканических прослоек (тонштейнов) на свойства углей</b>

УДК 553.94.08:549

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Смирнова Зоя Александровна		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШБП	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С.	к.х.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП, доцент	Кузьменко Е.А.	к.т.н		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
Общекультурные компетенции	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

---

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»  
Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(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
3-2Д33	Смирновой Зое Александровне

Тема работы:

<b>Влияние вулканических прослоек (тонштейнов) на свойства углей</b>
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2018
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Аналитические пробы углей. Дать характеристику угле по данным технического анализа для 33 проб. Использовать стандартные методики</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение – Черногорское и Аршановское месторождение. Аналитический обзор – направления использования углей. Теоретический анализ – минеральная часть углей. Постановка задачи исследования. Результаты работы и их обсуждение. Финансовый менеджмент. Социальная ответственность. Заключение. Список использованных источников.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Характеристика объектов исследования. Результаты работы</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна, д.э.н., доцент ИШБП</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Король Ирина Степановна, к.т.н., доцент отделения контроля и диагностики</p>
<p></p>	<p></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p></p>

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маслов Станислав Григорьевич	К.т.н.,с.н.с.		1.12.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Смирнова Зоя Александровна		8.12.2017

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»

Уровень образования

бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы: 28.05.2018

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>01.03.2018</i>	<i>Литературный обзор</i>	
<i>1.04.2018</i>	<i>Определение влажности</i>	
<i>20.04.2018</i>	<i>Определение зольности</i>	
<i>5.05.2018</i>	<i>Определение выхода летучих веществ</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Левашова А.И.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 «Химическая технология»	Кузьменко Е.А.	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д33	Смирнова Зоя Александровна

Институт	ОХИ ИШПР	Кафедра	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. Разработка устава научно-технического проекта	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Проведение оценки экономической эффективности свойств углей.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сегментирование рынка</li> <li>2. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>3. Матрица SWOT</li> <li>4. График проведения и бюджет НТИ</li> <li>5. Расчёт чистого денежного потока</li> <li>6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</li> </ol>	
--	--

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШБП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Смирнова Зоя Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д33	Смирнова Зоя Александровна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<b>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</b>	Объект исследования – пробы угля. Методика – пробоподготовка, лабораторно-аналитические исследования, методы обработки углей. Рабочая зона – Аршановский карьер Бейского месторождения Область применения – угольная промышленность.
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>1. Производственная безопасность</b>	<p>1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования;</p> <p>1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований;</p> <p>1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	<p>2.1 Анализ выявления объекта исследования на окружающую среду;</p> <p>2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований;</p> <p>3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследования;</p> <p>3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС.</p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<p>4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Степановна	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д33	Смирнова Зоя Александровна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 88 страниц, 29 таблиц, 29 источников.

Ключевые слова: минеральные прослойки, зольность, выход летучих веществ, тонштейны.

Объект исследования: 33 пробы углей Черногорского и Аршановского месторождений.

Цель работы: определение влияния вулканических прослоек на свойства углей.

Методика: исследования проводились стандартными методами технического анализа

Результат: установлено, что учет наличия минеральных прослоек позволяет до начала добычи решить вопрос о необходимости отдельной добычи угля и минеральных прослоек и направлениях последующей переработки угля.

## 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. ГН 2.2.5.1313 - 03. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
5. ГОСТ 12.1.003 – 2014. ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум.
6. ГОСТ ISO 9612-2015\* Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах.
7. ГОСТ 12.1.019 – 2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	13
1 Комплексное использование углей .....	16
2 Минеральная часть углей и направления ее использования.....	26
2.1 Состав минеральных компонентов твердых горючих ископаемых.....	31
2.2 Направления использования зависимости угля основная, исходя из минерального масса состава.....	41
3 Постановка задачи исследования.....	42
4 Экспериментальная часть.....	43
4.1 Объект исследования.....	43
4.2 Методика работы.....	43
5 Результаты проведенного исследования.....	44
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
7 Социальная ответственность.....	73
Заключение.....	85
Список литературы.....	86

## **Введение**

На территории Минусинской котловины, в которой лежит большая часть территории Хакасии, расположен Минусинский угольный бассейн, составляющий значительную долю экономики региона. Добыча "чёрного золота" в Хакасии ведётся преимущественно открытым способом — на нескольких угольных разрезах. Есть в республике и один город, рождённый углём, — это Черногорск.

Разрез был введен в эксплуатацию в 1993 году и приступил к отработке запасов угля 21-го геологического поля «Черногорского» каменноугольного месторождения Минусинского угольного бассейна [1].

Разрез «Черногорский» (предприятие ОАО «СУЭК») осуществляет разработку открытым способом Черногорского каменноугольного месторождения, расположенного в Усть-Абаканском районе. Центральная часть месторождения находится в 23 км на северо-запад от г. Абакана. Горные работы производятся на разрезе «Черногорский» и участке открытых горных работ «Абаканский».

Разрабатываются угли каменные марки Д (длиннопламенные). Уголь марки Д (длиннопламенный) – каменный энергетический уголь, самая популярная марка, подходящая для большинства котлов. Назван так из-за свойства гореть длинным пламенем подобно обычным дровам, но при этом процесс сжигания происходит гораздо дольше, с большим выделением тепла и без спекания [1].

Основная особенность угля марки Д – это минимальные технические требования к системе, он легче возгорается и не требует принудительного поддува, ему достаточно естественной тяги. Поэтому чаще всего его используют в печах объектов социально-бытового назначения (административных зданий, школ, больниц), а также для бытовых нужд населения.

На территории России разрез Черногорский – это место, где добывают уголь с самым низким показателем азота в составе. Материал пользуется широкой популярностью в различных областях промышленности и производства, его используют для обогрева жилья в различных регионах страны.

#### Основные технические характеристики угля

Уголь гумусовый, с малым содержанием в составе фосфора и серы. Относится к категории длиннопламенным и газовым, является труднообогатимым. Показатель влажности составляет от 3% до 7%. Содержание в составе углерода варьируется от 77% до 82%. Зола в составе Черногорского угля достигает 7%. Черногорский уголь имеет теплоту сгорания от 7800 до 8200 ккал на килограмм [1].

Черногорский уголь удобно и экономично применять для топки печей в частных домах, а также для котлов автоматического и полуавтоматического типа. Согласно геологическим данным, Бейское каменноугольное месторождение находится в южной части Минусинского каменноугольного бассейна; в структурном плане месторождение приурочено к северному крылу абаканской мульды. В административном плане месторождение находится на территории Алтайского и Бейского районов.

Площадь лицензионного участка составляет 18 квадратных километров. Максимальная глубина разработки — 150 метров.

Ближайшими промышленными центрами являются города Абакан (45 км) и Саяногорск (45 км), связанные между собой асфальтированной дорогой, которая проходит восточнее (15 км) участка. Ближайший населенный пункт — с. Аршаново, расположенное в 1 км северо-западнее участка.

В 9 км южнее участка проходит железнодорожная ветка, соединяющая ст. Камышта ж/д ветки Абакан — Новокузнецк Красноярской железной дороги с г. Саяногорск.

Разрез ведет добычу каменного угля марки Д открытым способом.

Аршановский разрез один из немногих в стране, который имеет полный цикл производства от добычи и переработки до складов и очистных сооружений, что призвано максимально снизить вред экологии.

Подсчет запасов углей по участкам открытых работ Бейского месторождения произведен по кондициям, утвержденным 16 апреля 1969 года ГКЗ СССР [2].

Для условий открытой разработки каменных углей Бейского месторождения при подсчете балансовых запасов были приняты следующие нормативы:

- минимальная мощность угольного пласта простого и сложного (по сумме угольных и внутрипластовых породных прослоев) строения - 1,30 м.;
- максимальная зольность угля (Ас) по пластопересечению с учетом 100% засорения внутрипластовыми породными прослоями – 35%;
- при сложном строении пласта подсчитывается: запасы угля по суммарной мощности угольных прослоев и запасы горной массы по сумме угольных и внутрипластовых породных прослоев.

Распределение балансовых запасов по категориям производилось в соответствии с «Инструкцией ГКЗ по классификации запасов месторождений углей и горючих сланцев», 1968 г.

Запасы посчитаны по категориям: А, В, С, С1.

Запасы участка «Аршановский I» детально разведаны и готовы к промышленному освоению.

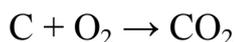
Запасы месторождения составляют более двух миллиардов тонн угля марки Д – наиболее популярной у населения из-за его неприхотливости и свойства гореть длинным пламенем подобно обычным дровам, но гораздо дольше, с большим выделением тепла и без спекания [2].

## 1 Комплексное использование углей

Угли главным образом используются для получения электрической и тепловой энергии и производства кокса. Основными потребителями углей для энергетических целей являются тепловые электростанции, для которых уголь в перспективе будет также основным видом топлива, промышленные котельные, коммунально-бытовой сектор, различные отрасли промышленности и сельского хозяйства. Наибольшее количество кокса расходуется в металлургической промышленности — в доменном производстве, при агломерации руд, на ферросплавных заводах и т.д. [3].

### Сжигание

Углерод при сгорании вступает в следующую реакцию с кислородом:



Как правило, источником кислорода для котлов является атмосферный воздух. Данная реакция является экзотермической. При окислении углерода выделяется 32800 кДж/кг. Однако теплоту сгорания ископаемого топлива нельзя рассчитать. Оптимальный процесс горения обеспечивает полное выделение теплоты сгорания, минимизируя потери, связанные с неполным сгоранием топлива и избыточными объемами воздуха. Для осуществления реакции горючих компонентов топлива с кислородом необходима достаточно высокая температура для воспламенения, тщательное перемешивание топлива или турбулентность, обеспечивающая такое перемешивание, а также время, достаточное для полного сгорания.

В топке котла (где не совершается механической работы) тепловая энергия, полученная в результате реакции горения, определяется только составом исходных веществ и конечных продуктов реакции, независимо от того, какие промежуточные продукты возникают в процессе горения.

В качестве простого примера рассмотрим реакцию одного килограмма углерода с кислородом для получения тепловой энергии. Реакция может

происходить в одну стадию, когда углерод сразу же окисляется до диоксида углерода. Но при определенных условиях тот же процесс может происходить в две стадии: сначала образуется СО (с образованием значительно меньшего количества энергии), а затем СО доокисляется до СО<sub>2</sub>. Однако при двухстадийной реакции выделяются те же 32800 кДж/кг, что и при образовании СО<sub>2</sub> в одну стадию.

Сжигание в кипящем слое. Метод сжигания в кипящем (псевдооживленном) слое (СКС), главным образом, используется в промышленности для сжигания различных видов твердого топлива, включая каменный уголь, бурый уголь, торф и, в особенности, биомассу. Существует два основных варианта этой технологии: сжигание в стационарном (пузырьковом) кипящем слое и сжигание в циркулирующем кипящем слое. Котлы с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) чаще используются на крупных предприятиях, где важно обеспечить устойчивое воспламенение топлива.

Сжигание в стационарном (пузырьковом) кипящем слое – современная технология сжигания, которая особенно хорошо приспособлена для сжигания неоднородного биотоплива. В качестве наполнителя (инертного материала) используются такие материалы, как песок, зола, доломит, известняк, находящиеся на воздухораспределительной решетке. При этом высота засыпки составляет 0,5 - 1,5 м. Плотность материала слоя составляет около 1000 кг/м<sup>3</sup>, а скорость псевдооживляющего потока воздуха – 1 м/с. Размер частиц наполнителя, как правило, находится в пределах 0,5-1,5 мм, поскольку частицы меньшего размера уносятся газовым потоком, а большего – оседают на распределительную решетку.

Сжигание в циркулирующем кипящем слое (СЦКС) отличается от сжигания в стационарном слое в двух отношениях. Частицы наполнителя в этом случае меньше (0,1 - 0,6 мм), а скорость псевдооживляющего потока – больше (4 - 5 м/с). Благодаря этому поток воздуха выносит частицы из слоя и

проносит их через топку во вторую ступень котла. В дальнейшем частицы, покинувшие топку, отделяются от дымовых газов при помощи циклона или каким-либо иным методом и возвращаются в кипящий слой. Отделение частиц может осуществляться в середине второй ступени или, частично, на выходе из котла, где также могут применяться электрофильтры или тканевые фильтры [4].

### **Коксование**

Коксохимические заводы являются одним из крупнейших потребителей каменного угля – до 25% мировой добычи.

Коксование – тепловая обработка каменных углей определенных марок в коксовых печах без доступа воздуха при температуре 800 – 1200°C. Для коксования подготавливают шихту из обогащенных малозольных углей нескольких марок. При подготовке шихты для коксования учитывают коксуюемость (пластометрические характеристики), выход летучих веществ, массовую долю серы и остальные характеристики отдельных углей.

При коксовании получают кокс, смолу и газ. Кокс употребляют в основном для доменного производства, смолу – для химической переработки в соответствующие продукты, коксовый газ – для отопления коксовых, мартеновских и остальных промышленных печей, также поставляют для коммунально-бытовых нужд.

Данный технологический процесс состоит из следующих стадий: подготовка к коксованию, собственно коксование, улавливание и переработка летучих продуктов.

Подготовка включает обогащение (для удаления минеральных примесей) низкосернистых, малозольных, коксующихся углей, измельчение до зёрен размером около 3 мм, смешение нескольких сортов угля, сушка полученной шихты [5].

## **Полукоксование**

Полукоксование - тепловая обработка твёрдых топлив (каменного и бурого углей, сланцев, торфа) без доступа воздуха при температуре 500 - 550°С в камерных ретортных печах с наружным либо внутренним обогревом. При полукоксовании получают последующие продукты: полукоккс, который применяется при производстве генераторного либо водяного газа, также в шихте для коксования; смолу, применяемую для получения светлых товаров; высококалорийный газ, являющийся сырьем для химической индустрии и применяющийся для газификации промышленных и бытовых установок.

## **Газификация**

Газификация — получение искусственного горючего газа из угля и антрацита методом неполного окисления воздухом (кислородом, водяным паром) при высочайшей температуре в газогенераторах. Главным продуктом газификации антрацита является газ, а при газификации бурых и каменных углей – газ и смола.

До настоящего времени в России пока не создано ни одной промышленной энергетической установки с газификацией угля полного цикла. Кроме того, в процессе горения происходит непрерывное образование шлакового расплава, который может быть разделен на тяжелую и легкую фракции. Тяжелая фракция может быть переработана для последующего использования при изготовлении чугуна, легкая – в экологически чистые строительные материалы. Низкий температурный режим в такой установке позволяет с сохранением низкого уровня вредных выбросов утилизировать в активной зоне различные горючие и негорючие отходы.

Генераторный газ применяется для сжигания в печах, в металлургической, машиностроительной, стекольной, глиняной и остальных отраслях индустрии. Угли и антрациты, используемые для газификации, обязаны иметь повышенную механическую крепкость, низкие зольность и массовую долю серы. Для энергетического использования направляют в

основном угли, не применяемые для производства кокса и остальных технологических целей.

Особое место занимает подземная газификация угля. Сущность технологии заключается в бурении скважин до угольного пласта с последующим их соединением по пласту. После этого в толще угольного пласта создается управляемый очаг горения, в котором протекает процесс газификации. Во входную скважину происходит дутье (воздушное или парокислородное), из выходной скважины выходит генераторный газ. На поверхности газ очищается и служит топливом для парогазовых установок либо используется другим образом. Особенности технологии позволяют использовать даже те месторождения, разработка которых традиционными способами неэффективна [5].

### **Требования к качеству углей**

Выбор горючего для энергетического использования (марка, сорт, характеристики свойства) зависит от конструктивных особенностей топок и определенного вида использования (слоевое, пылевидное сжигание, сжигание в топках паровозов, морских и речных судов, энергопоездов и др.).

При выборе горючего для определенного вида использования должны учитываться его физико-химические характеристики и предъявляемые к нему требования, обусловленные необходимостью получения наибольшего технологического и экономического эффекта.

В России принято выделять три вида углей: бурый уголь, каменный уголь и антрацит. Границы видов проведены по среднему показателю отражения витринита ( $R_0, \%$ ), теплоте сгорания на влажное беззольное состояние ( $Q_s^{af}$ , МДж/кг) и выходу летучих веществ ( $V^{daf}, \%$ ). Каждый вид угля объединяет определённый перечень марок, технологических групп и подгрупп, отличаясь многообразием свойств и обуславливая характер использования углей.

В соответствии с ГОСТом 25543–88 бурые угли (Б) представлены одной маркой с тремя технологическими группами: первый бурый (1Б), второй бурый (2Б) и третий бурый (3Б). Угли этих групп существенно различаются как по внешним признакам, так и по составу, качеству и направлениям использования.

**Каменные угли** – представлены 15 марками с 21-й технологической группой, являются наиболее ценным энергетическим, технологическим и стратегическим сырьём России.

Антрациты – одна марка (А) с тремя технологическими группами: первый антрацит (1А), второй антрацит (2А) и третий антрацит (3А).

### **Бурые угли**

Весьма разнообразные по составу и свойствам угли тем не менее имеют такие общие черты, как низкое значение  $R_o$  (менее 0,6%), высокую влагоемкость ( $W^p$  до 70%), слабую устойчивость к выветриванию, что существенно отличает их от каменных углей и антрацитов.

По внешним признакам в петрологии выделяют угли бурые землистые, бурые плотные матовые и бурые плотные блестящие, что приблизительно соответствует трем технологическим группам – 1Б, 2Б и 3Б.

Угли группы 1Б ( $R_o$ , %  $\gg$  0,20-0,30) – отличаются рыхлостью, пористостью и схожестью с торфом. Имеют различную окраску: от разных оттенков коричневого цвета до светло-палевых тонов. Естественная влажность углей 1Б превышает 40%, а максимальная влагоемкость ( $W_{max}^{af}$ ) составляет 50% и более. Выходы смолы полукоксования варьируются в пределах (в %): 5-35, битумов – 2-20, гуминовых кислот – 30-80, содержание серы – 0,2-5. Угли практически не поддаются обогащению.

Угли 1Б в основном используются на ТЭЦ с пылевидным и частично слоевым сжиганием, а также применяются в виде брикетов, являясь перспективным сырьем для производства горного воска и препаратов различного назначения из основе гуминовых кислот.

Ушли группы 2Б – имеют разнообразный состав (в %); из-за вариаций микрокомпонентов группы инертинита (от 14 до 30 - 40) и липтинита (от 0 до 10 - 17), а также степень минерализации и дисперсность отдельных составляющих. По этой причине в угольных пластах наблюдается многообразие литотипов, отличающихся структурно-текстурными особенностями. Как правило, показатель отражения витринита менее 0,5%, зольность изменяется от 3 до 45% и более, по сернистости они также различны: от малосернистых (0,3 - 0,8%) до многосернистых (4 – 7 %). Степень обогатимости углей выше, чем первых бурых.

Используются как энергетическое топливо с пылевидным и слоевым сжиганием, а также в коммунально-бытовом секторе. В то же время результаты исследований этих углей свидетельствуют о возможности их применения как сырья для получения синтетических топлив и для производства гуматов в качестве стимуляторов роста растений.

Угли технологической группы 3Б ( $R_o$ , % = 0,38 - 0,49) – приурочены преимущественно к отложениям юрского возраста, а так же палеогенового и палеоген-неогенового возраста. Угли характеризуются разнообразием состава (благодаря колебаниям содержания мацералов группы инертинита) и качественных показателей. Особенно это свойственно зольности, которая меняется от 10 до 40 %, а в противоположность ей — сернистость углей не превышает 1 - 2%, т.е. угли малосернистые.

Направления использования углей 3Б идентичны вышеописанным для углей группы 2Б, т.е. они применяются в основном как энергетическое и коммунально-бытовое топливо. Кроме того, их можно использовать в процессах газификации.

### **Каменные угли**

Имеют средний показатель отражения витринита  $R_0$  (от 0,4 до 2,59%) и теплоту сгорания  $Q_s^{af}$  24 МДж/кг и выше.

Основные угольные бассейны и месторождения, содержащие каменные угли, каменноугольного и пермского возрастов, меньшая часть – юрского и мелового.

Характерная особенность этих углей – широкий спектр марочного состава, обусловленный содержанием основных групп мацералов (витринита, инертинита, липтинита), степенью восстановленности органической массы, проявлением регионального, термального и контактового метаморфизма.

В результате каменные угли различаются по качеству и направлениям использования.

Одна из наиболее важных технологических характеристик каменных углей – их обогатимость, т.е. возможность получения из них концентратов. По обогатимости угли разделены на четыре группы (I, II, III, IV) в зависимости от выхода концентрата и его зольности.

Угли марки Д – отмечаются во всех геохронологических уровнях углеобразования: карбон, пермь, юра, мел, палеоген-неоген и весьма широко распространены на территории России. Применяются в основном как энергетическое и коммунально-бытовое топливо. Кроме того, их можно использовать в процессах газификации.

По составу они разнообразны: наряду с инертинитом они бывают обогащены липтинитом. В эту марку входят угли с  $R_0$  – от 0,40 до 0,79% как витринитового, так и фюзинитового состава с  $V^{daf} > 28-30\%$ . Они отличаются повышенной механической прочностью и незначительной хрупкостью. Влажность длиннопламенных углей колеблется от 8 до 20, зольность – от 7 до 40, содержание серы – от 0,2 до 6%. Нелетучий остаток порошкообразный или слабоспекшийся.

Эти угли преимущественно используются как энергетическое и бытовое топливо, являясь в то же время хорошим сырьем для полукоксования (при обогащении угля мацералами группы липтинита) и для

производства синтетического жидкого (в случае витринитового состава), синтетического газообразного и бездымного твердого топлив.

Угли марки ДГ – переходные между длиннопламенными и газовыми, отличаются от первых наличием спекаемости, а от газовых с аналогичной спекаемостью – более низкой стадией метаморфизма ( $R_o$  – от 0,5 до 0,79%). Встречаются угли марки ДГ в тех же бассейнах и на месторождениях, в которых сосредоточены угли марок Д и Г.

По внешнему облику и составу угли длиннопламенные газовые аналогичны углям марки Д. Влажность описываемых углей не превышает 11-15%, зольность колеблется от 6-10 до 25-35%.

Среди углей этой марки самыми сернистыми являются иркутские угли ( $S_t^d$  – до 6%), а кузнецкие, минусинские, буреинские, сахалинские угли – низкосернистые (от 0,3 до 0,8%). Угли отличаются повышенной механической прочностью.

Угли марки ДГ – преимущественно энергетическое и коммунально-бытовое топливо. В ограниченном объеме используются в качестве компонента коксовой шихты и как основное сырье для получения полукокса на Ангарском заводе нефтеоргсинтеза.

Угли марки Г – имеют преимущественно витринитовый состав ( $\Sigma OK < 40\%$ ), показатель отражения витринита 0,50-0,99%, выход летучих веществ 30% и выше, толщину пластического слоя более 10 мм. В них хорошо выражена эндогенная трещиноватость. Влажность свежедобытого газового угля не превышает 10%, зольность изменяется в широких пределах – от 7 до 35%, но преобладающая часть газовых углей содержит 10-15% золы. Сернистость этих углей также варьирует: от 0,6% до 5%. Газовые угли используются в энергетике и коксохимической отрасли промышленности (в составе коксовой шихты применяют угли технологической группы 2Г и витринитовые угли 1Г классов 08 и 09) [3].

Газовые угли с толщиной пластического слоя менее 8 мм могут служить сырьем для газификации и полукоксования, а витринитового состава с  $V^{\text{daf}} > 42\%$  – для производства синтетического жидкого топлива методом деструктивной гидрогенизации.

## **2 Минеральная часть твердых горючих ископаемых**

(Аналитический обзор)

Изучение минеральной части твердых горючих ископаемых начато сравнительно недавно, но четкого определения для термина «минеральные компоненты» до сих пор не дано [6].

Понятие «минеральные компоненты» охватывает все элементы, содержащиеся в твердых горючих ископаемых, за исключением углерода, водорода, кислорода и азота, которые составляют основную массу органических веществ в каустобиолитах. Отличительной особенностью твердых горючих ископаемых по сравнению с нефтью и газом являются значительно большие массы неорганических соединений, сопровождающих органические вещества. Поэтому при разработке любых способов добычи или использовании твердых горючих ископаемых необходимо учитывать присутствие в них соединений минеральных компонентов [7].

Чаще всего минеральные примеси углей состоят на 95 % из соединений кремния, алюминия, железа, кальция и магния, калия и натрия (табл. 2). Остальные 5 % приходятся на долю соединений ванадия, цинка, титана, марганца, рассеянных, редких элементов и др. В некоторых углях концентрация этих и им подобных соединений оказывается настолько высокой, что позволяет рассматривать минеральные примеси углей как источник сырья для попутного их извлечения [6].

В минеральных веществах твердого топлива найдены многие редкие и рассеянные элементы. В углях содержится до 30 редких элементов (бериллий, бор, скандий, иттрий, палладий, радий, платина и др.) и что в угольной золе происходит естественное накопление некоторых из них (германий, бериллий, мышьяк, галлий и др.), в результате чего их содержание во много раз (10 – 100) больше, чем в земной коре. В табл. 3 помещены обработанные и систематизированные Медведевым данные многих исследований по определению содержания микроэлементов в золе бурых и каменных углей

различных месторождений мира. Коэффициенты обогащения подсчитаны по отношению к кларковому содержанию того или иного микроэлемента в земной коре [8].

Таблица 1.1 — Минеральные примеси в углях [5]

Элементы	Минералы	Формула
Кремний	кварц	$\text{SiO}_2$
	каолиновые минералы	$n\text{SiO}_2 \cdot m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot p\text{H}_2\text{O}$
	силикаты	$n\text{SiO}_2 \cdot m\text{MeO} \cdot p\text{H}_2\text{O}$
Алюминий	каолиновые минералы	
	глинозем	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Железо	серный колчедан, марказит	$\text{FeS}_2$
	оксиды	$\text{FeO}; \text{Fe}_2\text{O}_3; \text{Fe}_3\text{O}_4$
	сульфаты	$\text{FeSO}_4$
	карбонаты	$\text{FeCO}_3$
Кальций и магний	кальцит, магнезит	$\text{CaCO}_3; \text{MgCO}_3$
	гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	силикаты	$\text{CaSiO}_3; \text{MgSiO}_3$
Калий и натрий	силикаты	$\text{Na}_2\text{SiO}_3; \text{K}_2\text{SiO}_3$
	карбонаты	$\text{Na}_2\text{CO}_3; \text{K}_2\text{CO}_3$
	хлориды	$\text{NaCl}; \text{KCl}$

Минеральные вещества постоянно присутствуют во всех твердых горючих ископаемых, причем определение их количества и состава имеет большое научное и практическое значение. Сложность состава минеральных веществ, содержащихся в ископаемых углях, а также различие форм их связи с органической массой углей, вызывает большие трудности непосредственного аналитического определения собственно минеральных веществ в неизменном состоянии. Поэтому о содержании минеральных веществ в угле (М) приходится судить косвенно, по количеству золы (А), остающейся после сжигания навески угля при свободном доступе кислорода воздуха и представляющей собой продукт полного окисления и термических превращений минеральных компонентов угля. В результате сжигания угля органическая масса его удаляется в виде окислов ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ), а минеральные

вещества претерпевают глубокие превращения, связанные в большинстве случаев с потерей в весе [9], [10].

Таблица 1.2 — Содержание и коэффициенты обогащения микроэлементов в золе бурых и каменных углей [8]

Элемент	Содержание, г/т		Коэффициент обогащения	
	максимальное	среднее	максимальное	среднее
Li	5000	825	100	18
Be	1000	300	238	72
B	20000	4400	1538	334
P	13300	3000	15	3
Sc	150	42	12	3
Ti	50000	9200	11	2
V	44000	500	489	6
Cr	1000	70	9	0,6
Mn	15000	755	15	0,76
Co	2000	60	111	3
Ni	4500	297	45	3
Cu	4200	411	60	6
Zn	16000	1226	200	15
Ga	10000	83	400	3
Ge	10000	60	5000	30
As	2300	465	1150	231
Br	700	60	389	3
Rb	1100	157	4	0,6
Sr	20000	1500	57	4
Y	1000	112	50	6
Zr	4000	1530	24	9
Nb	150	66	8	3
Mo	330	65	194	38
Ag	85	5,4	425	27
Sn	1500	54	47	2
Sb	400	120	1333	400
Cs	111	32	11	3
Ba	60000	1740	91	3
La	10000	102	250	
Ce	2000	1100	87	5
Hf	100	-	33	-
Ta	2	-	1	-
Au	14	1,75	14000	1750
Pb	2500	281	156	18
Bi	200	27	2 000	270
Th	100	50	8	4
U	1000	445	385	171

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 1000 г/т (в зарубежных источниках чаще применяется единица «часть на миллион частей» - ppm). К этим элементам относят углерод, водород, кислород, азот, серу, кремний, алюминий, железо, магний, натрий, калий, титан, кальций. Вышеперечисленные 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 три подгруппы: Собственно малые элементы — содержание 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 [7].

Малые элементы изучаются в целях установления возможности их попутного извлечения и народнохозяйственного использования, а так же при оценке значения этих элементов как токсичных, технологически вредных или полезных компонентов, в частности как микроэлементов полезных или вредных при использовании углей в сельском хозяйстве.

Ценные компоненты. Промышленное значение в твердых горючих ископаемых в настоящее время имеют германий и уран. Запасы этих элементов при содержаниях, соответствующих кондициям, подсчитываются и утверждаются в установленном порядке. Одновременно, при необходимости (при наличии и совместном извлечении с германием или ураном) подсчитываются запасы галлия, свинца, цинка, молибдена, силена. Имеются предпосылки для выявления повышенных (потенциально пригодных для извлечения) концентрации золота, серебра и платиноидов, ванадия, хрома, никеля (в комплексе), вольфрама, бора, ртути. Эти элементы рассматриваются как потенциально ценные.

Токсичными (с позиций создания при сжигании твердого топлива опасных концентраций в атмосфере, водах и почвах) в настоящее время считаются сера, ртуть, мышьяк, бериллий, фтор при концентрациях выше предельных. Эти же элементы, а так же свинец, ванадий, никель, хром и марганец при концентрациях ниже предельных, относятся к потенциально токсичным.

## **2.1 Состав минеральных компонентов твердых горючих ископаемых**

Как правило, минеральное вещество твердых горючих ископаемых представляет собой полиминеральную систему, состав (качественный и количественный) которой может сильно различаться для различных месторождений и даже для отдельных пластов одного месторождения. В минеральном веществе обнаружено более 50 минералов (алюмосиликаты, кварц, карбонаты, оксиды, сульфаты, сульфиды, фосфаты, хлориды). Однако практическое значение имеют не более 6-7 минералов, так как содержание остальных обычно не выше 1% [8].

Кратко рассмотрим особенности основных минералов твердых горючих ископаемых.

**Кварц.** Кварц обычно содержится в углях в количестве 2-5%. Большая часть кварца имеет терригенное происхождение и встречается в виде мелких зерен различной степени окатанности. Халцедон образует выделения неправильной формы, которые при скрещенных николях обнаруживают радиально-лучистое, остоватое, поперечно-волокнистое строение, а также имеют форму розетчатых сростков и веерообразных пучков. Эпигенетический кварц и халцедон, по-видимому, образуются за счет раскristализации кремнекислоты, выделяющейся при каолинизации алюмосиликатов. Для образований халцедона и кварца характерно наличие включений (ксенолитов) угольного вещества.

**Алюмосиликаты.** Из алюмосиликатов наиболее распространены глинистые минералы, полевые шпаты и в некоторых углях -вулканическое стекло. Чрезвычайное разнообразие глинистых минералов, слагающих глины, затрудняет определение точного минералогического типа минерала. Но решение этой сложной задачи чаще всего не требуется для практических целей. Для прогнозирования поведения глин в тех или иных технологических процессах переработки углей достаточно лишь установить

минералы, какой группы доминируют в смеси. Принято различать каолиниты, иллиты (гидрослюды) и монтмориллониты. В твердых горючих ископаемых и других осадочных породах встречаются так же минералы, представляющие собой не механическую смесь иллитов и монтмориллонитов, а так называемые смешанно-слоистые иллит-монтмориллониты. Каждая из этих групп обладает своими, достаточно специфическими свойствами, особенно по отношению к воде. Будучи плотными физическими телами, породы, размокают в воде несколько по-иному, чем чистые минералы [11].

**Сульфиды.** Сульфиды присутствуют в твердых горючих ископаемых преимущественно в виде пирита, редко марказита и имеют эпигенетическое происхождение. В твердых горючих ископаемых пирит находится в виде конкреций различной формы, и размеров (от долей мм до 1 м), пластовых тел, псевдоморфоз по органическим компонентам, прожилков и налетов по напластованию и эндогенным трещинам и в тонко-рассеянном виде. В наибольшей степени распространены высокодисперсные включения пирита (<100 или <40 мкм), тесно связанных с органическим веществом. Дисульфиды железа устойчивы в водных растворах щелочей и кислот, не являющихся окислителями, и их разложение достигается окислением  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , кислородом воздуха (при температурах  $>200^\circ\text{C}$ ), а также восстановлением или термической диссоциацией.

**Карбонаты.** Карбонатные породы широко распространены в земной коре и представляют собой осадочные образования, на 50% и более сложенные преимущественно кальцитом и доломитом. Кроме этого, карбонаты представлены в твердых горючих ископаемых сидеритом, редко анкеритом и имеют эпигенетическое происхождение. Карбонаты (при их значительном содержании) могут быть определены в углях достаточно легко по реакции на 5%-ную соляную кислоту.

**Оксиды, фосфаты, хлориды и другие соединения.** Минералы этой группы представлены в основном оксидами кремния, железа, алюминия, фосфатом кальция и хлоридами калия и кальция.

Соединения фосфора в торфах, как и в других осадочных породах, на 95% представлены апатитом. Весьма эффективно обнаружение апатита качественной реакцией с раствором молибдата аммония в азотной кислоте. Уже при содержании 0,01%  $P_2O_5$  через 1 - 2 минуты после обработки минерала на нем появляются отдельные желтые крупинки.

**Сера.** Сера обычно присутствует в углях при концентрациях, в целом существенно превосходящих кларк, но варьирующихся в широких пределах для торфов различных месторождений (от 0,1 до 10 —15%). Сера в основном сосредоточена в виде  $FeS_2$ — пирита (марказита).

В твердых горючих ископаемых, вероятно, нет индивидуальных сероорганических соединений. Понятием органическая сера (So) определяют суммарное количество серы, химически присоединенной к органическому веществу различными типами связей, при этом предполагается присутствие сульфидных, дисульфидных, бистиоэфирных, тионных, тиофенных, тиофаных группировок. Эти связи очень устойчивы в водных растворах (кислых и щелочных) и разрушаются лишь при термообработке (в окислительной или восстановительных средах). Одновременно происходит, как правило, деструкция углеродных связей.

**Железо.** Железо вследствие особенностей условий образования твердых топлив представлено в основном соединениями  $Fe(II)$ , чаще всего это дисульфиды и сидерит. Только в зонах окисления обнаружены заметные количества соединений  $Fe(III)$ , главным образом сульфата. Содержание железа в алюмосиликатных минералах обычно составляет <3% (в пересчете

на  $Fe_2O_3$ ), поэтому алюмосиликатная форма может преобладать над остальными формами соединений железа только при содержании  $Fe_2O_3$  (в золе) менее 2%.

В углях присутствуют органоминеральные соединения железа, точнее, его комплексные гуматы.

**Кальций и магний.** Кальций и магний содержатся в виде органоминеральных соединений (гуматов), карбонатов, сульфатов, алюмосиликатов. Как правило, содержание магния существенно меньше, чем кальция. При этом чем больше концентрация кальция в образце, тем меньше соотношение  $MgO:CaO$ , т.е. содержание кальция в твердых горючих ископаемых изменяется в более широких пределах, чем магния. Повышенной концентрацией кальция ( $CaO > 10\%$ ) характеризуются твердые горючие ископаемые наиболее низких стадий метаморфизма.

В торфах, а также углях с повышенным содержанием кальция и, вероятно, магния их основными соединениями являются гуматы. Одним из основных свойств гуматов кальция является возможность обмена его на другие катионы, сопровождающегося переходом кальция в раствор.

«Обменные» свойства также зависят от строения гуматных соединений.

Полное выщелачивание кальция из всех гуматов наблюдается только при действии 5-10%-х сильных кислот, и в отличие от карбонатов при этом не выделяется  $CO_2$ . Если кальций и магний существенно не выщелачиваются 5-10%-й хлороводородной кислотой и содержание  $CaO + MgO$  (в расчете на золу)  $< 10\%$ , то они сосредоточены главным образом в виде алюмосиликатов. Содержание сульфатных соединений кальция и магния обычно незначительно и может повышаться в зонах окисления.

**Натрий и калий.** Натрий и калий содержатся в твердых горючих ископаемых большинства месторождений в концентрациях  $< 0,2\%$  или 1 — 3% (в расчете на золу). В твердых горючих ископаемых со средним (или пониженным) содержанием натрия и калия их основными соединениями являются алюмосиликаты с характерным соотношением  $K:Na = 2:2,1$ . Однако в твердых горючих ископаемых с повышенным содержанием

щелочных металлов соотношение K:Na существенно меньше, чем для алюмосиликатов, и алюмосиликаты не могут быть основными видами соединений по крайней мере для натрия. Вподобных твердых горючих ископаемых щелочные металлы могут содержаться главным образом в виде хлоридов или гуматов. Не исключено также присутствие небольших количеств карбонатов и сульфатов натрия и калия.

**Золото.** Au в не зависимости в основной массе приурочено к органическому веществу. В настоящее время остается неясным вопрос, в какой форме оно сконцентрировано в органической массе: в виде металлоорганических комплексов или в тонкодисперсной минеральной фазе, не извлекаемой при обогащении.

Очевидно, что на ранних стадиях накопления в торфе и буром угле преобладающая часть золота концентрируется в гумусовых кислотах и, возможно, в лигнине в виде прочных соединений. В процессе унификации гумусовые кислоты изменяются, теряя в значительной мере реакционно-способные группы, что должно приводить к высвобождению части металла и отложению его в виде собственных минеральных фаз.

**Серебро.** Серебро накапливается как в органическом, так и в минеральном веществе угля. Зола угля легких фракций существенно обогащена серебром по сравнению с золами тяжелых фракций. Балансовые расчеты показывают, что во фракциях <1,5 г/см в обоих случаях сосредоточено более 70 % Ag, Следовательно, легкие фракции в изученных пробах являются основным носителем серебра.

Связь элемента с органическим веществом на ранних стадиях углеобразования можно оценить по результатам анализ группового состава угля. Установлено, что в золе гуминовых и фульвокислот из угля содержание Ag достигает 59,2 г/т, тогда как в золе негидролизованного остатка 0,92-3,4 г/т. В пересчете на исходное вещество это составляет 0,47 г/т и 0,079 - 0,29 г/т

соответственно. Установлено, что гуминовые кислоты являются носителем и основным концентратором серебра на стадии торфообразования [8].

Проведенные ранее исследования показали, что в стадию торфонакопления и на ранних этапах углефикации основная масса серебра сосредоточена в гумусовых кислотах в виде прочных комплексных гуматов. В бурых и каменных углях Ag находится в нескольких формах: в составе органических соединений и в минеральных фазах: в сульфидах, в самородной форме, в галогенидах и в виде примеси в других минералах.

**Скандий.** Несмотря на относительную простоту аналитических методов определения скандия и сравнительно высокий кларк этого элемента, формы его нахождения в торфах до сих пор в достаточной мере не изучены. Сравнительно немногочисленные данные по распределению скандия во фракциях торфа разной плотности, данные о его распределении в групповом составе, отрывочные сведения о содержании в отдельных минералах и мацералах не позволяют сформировать целостную картину его концентрирования в торфах [12].

Проведенные исследования показали, что на ранних стадиях углеобразовательного процесса в низкосреднезольных торфах и бурых углях основная масса Sc связана с органическим веществом. Основным носителем и концентратором Sc являются гумусовые кислоты (ФК+ГК). В процессе углефикации его форма нахождения изменяется. Он входит в состав силикатов, алюмосиликатов, фосфатов, алюмофосфатов и, возможно, образует собственные минеральные формы.

**Тантал и ниобий.** Проведенный анализ опубликованных материалов о формах нахождения Ta и Nb в углях позволяет сделать вывод об отсутствии убедительных данных, позволяющих оценить роль органического и минерального вещества в накоплении этих элементов [9].

Вероятно, основная масса этих металлов накапливается в составе оксидометаллорганических комплексов, на разрушаемых

концентрированными HF и HCl. Наиболее вероятной формой нахождения Ta и Nb можно считать оксиды титана (рутил, лейкоксен, анатаз), установленные при электронно-микроскопических исследованиях.

Проведенные исследования показали, что накопление Ta и Nb в углях связано как с минеральным, так и с органическим веществом угля. На стадии седиментогенеза и диагенеза в нормальнозольных торфах и бурых углях основная масса тантала и ниобия концентрируется в органическом веществе, преимущественно в составе гумусовых кислот (ГК+ФК). В зольных углях при кларковом содержании металлов может преобладать минеральная форма. В процессе угольного метаморфизма возрастает роль минеральных форм в концентрировании как Ta, так и Nb. Основная масса этих элементов в зрелых каменных углях содержится в оксидах или, возможно, в виде металлоорганических комплексов. Алюмосиликатные и растворимые в HF силикатные минералы не играют существенной роли в накоплении Ta и Nb в углях.

**Цирконий и гафний.** Основной формой их нахождения в углях, по мнению большинства исследователей, является циркон, который может присутствовать в углях как в виде кластогенных, так и аутигенных минералов. Доказано, аутигенными считаются цирконы, установленные в порах инертинита (Finkelman, 1981).

Анализ относительно немногочисленных публикаций, в которых в той или иной мере рассматриваются формы нахождения циркония и гафния в торфах, позволяет допускать существование как минеральной, так и органической формы их концентрирования. Остается неясным вопрос соотношения этих форм в разных углях. Кажется вероятным изменение форм нахождения элементов в процессе углефикации, связанное с изменением структуры органического вещества [9].

Проведенные ранее исследования показали, что накопление Zr и Hf в углях обусловлено как минеральным, так и органическим веществом угля. На

ранних стадиях углеобразовательного процесса в период седиментогенеза и диагенеза основная масса Zr и Hf в нормальнозольных торфах, бурых углях и лигнитах содержится в органическом веществе в виде прочных комплексов с гумусовыми кислотами (ГК+ФК). В зрелых каменных углях значительная часть Zr и Hf концентрируется в цирконах. Другие минералы, растворимые в концентрированных HCl и HF (силикаты, алюмосиликаты и др.) не играют существенной роли в накоплении Zr и Hf. Следовательно, в процессе углеобразования происходит изменение формы нахождения элементов. В торфах, бурых углях и лигнитах существенно преобладает органическая форма нахождения Zr и Hf, а в каменных углях — минеральная.

**Рубидий и цезий.** Исследования показали, что на ранних стадиях угленакопления основная масса Rb и Cs содержится в ионообменной форме, извлекаемой во фракцию водорастворимых и легкогидролизуемых веществ. В существенно меньшем количестве в Rb и Cs накапливаются в виде прочных комплексных соединений в гумусовых кислотах и в нерастворимом остатке. В низкосольном угле роль собственных минеральных форм в накоплении Cs второстепенна.

**Германий.** С повышением степени метаморфизма угля содержание в нем германия постепенно снижается, что связано с изменением молекулярной структуры угля.

Накопление германия в углях может происходить несколькими путями:

- 1) в результате жизнедеятельности растений
- 2) привноса поверхностными растворами в период углеобразования

Однако основные промышленные скопления германия образовались в период торфонакопления в результате взаимодействия органического вещества с водными растворами, поступившими в торфяник.

**Торий.** Угли (или их золы), обогащенные торием, известны в России, Украине, Болгарии, Турции, Южной Африке, США и Канаде. Являясь

радиоактивным элементом, торий в углях не представляет серьезной экологической угрозы [9].

Геохимия тория в углях изучена ещё не достаточно. Опубликованные материалы по формам нахождения Th в торфах свидетельствуют о преобладании его минеральных форм [12]. Отмечено, что основным концентратором Th в торфах является монацит. В меньших количествах он присутствует в ксенотиме, апатите и цирконе (Finkelman, 1981, Palmer, Filby, 1984, Хоментовский и др., 1993 и др.). Однако такие простые схемы распределения Th требуют объяснения фактов аномального его накопления в низко- и среднезольных углях, а также в торфах. В золах отдельных углей и торфов содержание тория может достигать 100 -300 г/т.

Основными концентраторами Th в угле являются гумусовые кислоты и остаточные фракции, состоящие из негидролизуемого остатка и минерального вещества. Доля Th, приходящаяся на остаточную фракцию, составляет около 30%, изменяясь от 20,9 до 46,1%. Наибольший выход металла в эту фракцию характерен для малозольного слаборазложившегося верхового торфа. Следовательно, на стадии торфонакопления роль минеральной формы нахождения Th существенно уступает роли органического вещества.

Важная роль гумусовых кислот в концентрировании Th отмечается вплоть до окончательного их превращения в нерастворимые в NaOH комплексы. Об этом свидетельствует необычайно высокое его содержание в остаточных гумусовых кислотах. Выход гуминовых веществ (ГК+ФК) здесь составляет лишь 0,6%, но содержание тория в них достигает 30,8 г/т, что при их зольности около 1% превышает 300 г/т золы. Поэтому, несмотря на низкий выход гуминовых веществ, на них приходится 28,5% от суммарного содержания тория в пробе.

Концентратором тория в торфе и буром угле являются гумусовые кислоты. В процессе углефикации происходит изменение формы нахождения

тория с образованием его собственных минеральных фаз. Основными минералами-концентраторами тория в каменных углях являются редкоземельные фосфаты и другие акцессорные минералы.

**Уран.** Формы нахождения урана и условия его концентрирования в углях и торфах изучены лучше, чем большинства других редких элементов.

Результаты исследования угля свидетельствуют, что даже в пробах с крайне низким содержанием урана (0,09-0,36 г/т) кластогенное вещество имеет второстепенное значение в его концентрировании. Дальнейшее накопление U в процессе эволюции угольного пласта может быть обусловлено только инфильтрационно-диффузионными процессами, в основе которых лежит сорбционное концентрирование металла[11].

Приблизительно оценить тип минерального вещества и его роль в накоплении U можно с использованием методов химической деминерализации угля и с помощью радиографических методов.

В результате метаморфизма происходит уменьшение доли сорбированных форм металла за счет изменения структуры органического вещества, уменьшения его сорбционной способности и формирования аутогенных минералов.

Радиографические исследования показали, что основная масса урана в углях с околочларковыми его содержаниями представлена рассеянной формой. Скопления урана в виде "звезд" распространены, ограничено и играют второстепенную роль в балансе металла. Метод f-радиографии не позволяет идентифицировать минералы микро- и нанометровой размерности. Приблизительно оценить роль урансодержащих микро- и наноминералов в концентрировании урана в углях позволяет сопоставление результатов нейтронно-активационного анализа и данных f-радиографии. Согласно полученным результатам, до от 5 до 70 % содержания урана в углях может быть связано с минеральными микровключениями.

Таким образом, во всех типах твердых горючих ископаемых органическое вещество играет важную роль в концентрировании урана.

## **2.2 Направления использования угля, исходя из минерального состава.**

Вопрос о минеральных веществах и золе твердых горючих ископаемых связан с их практическим использованием. Эти вещества — балласт, уменьшающий горючую массу. При использовании угля в энергетике минеральные примеси понижают его тепловой эффект за счет уменьшения горючей массы, а также вследствие расхода тепла для их нагревания, разложения и шлакования. Большие затруднения вызывает и удаление образовавшегося шлака. Кроме того, в золе всегда остается некоторое количество несгоревшего угля. Когда уголь используется для получения кокса, все количество золы концентрируется в коксе и поэтому его зольность значительно больше зольности исходного угля. Для получения чугуна необходим кокс с самой низкой зольностью (10 – 11 %).

Важно знать не только общее содержание минеральных компонентов в угле, но и их химический состав. В доменном производстве можно использовать кокс с зольностью выше 10 %, если в состав золы входят в больших количествах некоторые окислы, играющие роль руды или флюсов окислы железа, кальция, магния и др. [12].

Многообразие углей и особенности состава их минеральной части позволяют создать ряд оригинальных направлений комплексного использования неорганической части твердых горючих ископаемых: для извлечения редких и рассеянных элементов; для получения глинозема из минеральной части отходов угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности; в производстве строительных материалов и непосредственно в строительстве [12].

### **3 Постановка задачи исследования**

Уголь является одним из основных энергоносителей, а также многотоннажным источником сырья для химической промышленности органического происхождения.

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.

Цель нашей работы – определить свойства 33 пробы угля, определить влияние минеральных прослоек на технические свойства углей и дать рекомендации по направлениям их использования. Исследования проводились с использованием данных технического анализа ( $W^a$ ,  $A^d$ ,  $V^{daf}$ ).

## **4 Экспериментальная часть**

### **4.1 Объект исследования**

Исследование 33 пробы угля Аршановского и Черногорского месторождений.

Угольные месторождения-гумусовые, преимущественно мелкая и средняя зола. Степень метаморфизма отдельных угольных пластов, их спекание и тепловые характеристики области их распределения примерно одинаковы.

Цвет угля черный, черта также черная. Блеск обычно стекловидный воронович различия до шелковистой фюзеновых. Полуглянцевый и металлический блеск присущ углям, модифицированным в зонах контакта воздействия интрузий с состоянием антрацита. Текстура, как правило, полосчатая за счет чередования слойков, сложенных фюзеном и витреном, либо штриховато - полосчатая. Излом ступенчатый, угловатый; в высокозольных разностях, что наблюдается крайне редко, до раковистого.

### **4.2 Методика работы**

Методика исследования угольных включает в себя, пробоподготовку, лабораторно-аналитические исследования, методы обработки и интерпретацию результатов.

В соответствии с программой работ выполнена пробоподготовка, определение зольности и влажности 33 проб углей.

Оценка проводилась влажности по ГОСТ 27314-91 15[13], зольности по ГОСТ 11022-95 [14], выхода летучих веществ по ГОСТ 6382-2001 [15].

## 6 Финансовый менеджмент ,ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 6.1 Предпроектный анализ

#### Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: разработка способов комплексного использования углей, исследование и составление рекомендаций по использованию минеральной части углей в промышленности.

Целевой рынок: предприятия угольной, топливной, энергетической отрасли промышленности.

#### Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Таблица 6.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	5	3	2	0,35	0,21	0,14
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	1	4	1,0	0,20	0,8
3. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Простота эксплуатации	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
3. Цена	0,08	5	4	4	0,4	0,36	0,36
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,07	5	3	2	0,35	0,21	0,14

Продолжение таблицы 6.1

6. Финансирование научной разработки	0,03	4	4	5	0,12	0,12	0,15
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,05	4	5	2	0,2	0,25	0,1
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>62</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>4,86</b>	<b>3,46</b>	<b>3,79</b>

**SWOT-анализ**

SWOT – Strengths( сильные стороны), Weaknesses( слабые стороны), Opportunities( возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 6.2 - SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2.Актуальность промышленной технологии.</p> <p>С3. Экологичность технологии.</p> <p>С4.Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С5.Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С6.Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров</p> <p>Сл2.Отсутствие инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта</p> <p>Сл3.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях</p>	<p>Разработка методики по мониторингу и анализу месторождения.</p>	<p>1.Разработка научного исследования</p> <p>2.Повышение квалификации кадров у потребителя</p> <p>3.Приобретение научного оборудования для проведения данного вида исследований</p>

Продолжение таблицы 6.2

<p><b>Угрозы:</b>          У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства          У2.Развитая конкуренция технологий производства          У3.Введение дополнительных государственных требований сертификации продукции</p>	<p>1.Продвижение новой технологии с целью проявления спроса          2.Изучение законодательной базы для выхода технологии на экспорт          3.Сертификация продукции</p>	<p>1. Разработка научного исследования          2. Повышение квалификации кадров у потребителя          3. Приобретение научного оборудования для проведения данного вида исследований          4. Продвижение новой технологии с целью проявления спроса          5. Изучение законодательной базы для выхода технологии на экспорт          6. Сертификация продукции</p>
---	---	---

**Оценка готовности проекта к коммерциализации**

Таблица 6.3 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	1
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1

Продолжение таблицы 6.3.

12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	1
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	36	29

## 6.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Таблица 6.4 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
НИ ТПУ Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики.	Выделение направлений по дальнейшей переработке углей, составление рекомендаций по использованию минеральной части углей.

Таблица 6.5 - Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Исследование углей Бейского месторождения, Аршановского участка. Определение свойств 79 проб угля.  Дать рекомендации по направлениям их использования.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Получение результатов по работе с математической моделью
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Определение влажности по ГОСТ 27314-91;  Определение зольности по ГОСТ 11022-95.  Определение выхода летучих по ГОСТ 6382-2001
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Составить выводы о перспективах использования углей Бейского месторождения. Выделить направления для дальнейшей переработки углей

### 6.3 Организационная структура проекта

Таблица 6.6 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
	Маслов Станислав Григорьевич, НИ ТПУ, кафедра ХТТ и ХК, доцент, д.т.н.	Руководитель	Координация деятельности проекта	80
	Джежеря Дмитрий Петрович	Исполнитель	Выполнение ВКР	485
ИТОГО:				565

Таблица 6.7 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	209702
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики.
3.2. Сроки проекта:	25.12.2017-1.06.2018
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	25.12.14
3.2.2. Дата завершения проекта	1.06.15

### 6.4 Планирование управления научно-техническим проектом

#### План проекта

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 8).

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы, составление литературного обзора	11	25.12	28.02	Джежеря Д.П. Маслов С.Г.
Расчет на математической модели	2	28.02	24.03	Джежеря Д.П.
Обсуждение полученных результатов	25	24.03	10.04	Джежеря Д.П. Маслов С.Г.

Оформление выводов	2	10.04	20.04	Джежеря Д.П.
Оформление пояснительной записки	3	20.04	1.05	Джежеря Д.П.
<b>Итого:</b>	43	1.05	1.06	

Таблица 6.9 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ														
			январь			февраль			март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Изучение литературы, составление литературного обзора	Специалитет	36	■														
Расчет на математической модели	Специалитет	20							■								
Обсуждение полученных результатов	Специалитет, руководитель	10										■					
Оформление выводов	Специалитет	13										■					
Оформление пояснительной записки	Специалитет	19													■		

## 6.5 Бюджет научного исследования

### Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Таблица 6.10 - Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям				
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и <b>Ошибка!</b>	Специальное оборудование для научных ( <b>Ошибка!</b> ) работ	Основная заработная плата	Отчисления <b>Ошибка!</b> нужды	Итого плановая <b>Ошибка!</b>
66	9305	157617,2	42714	209702

Таблица 6.11 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерений	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Уголь каменный	кг	0,5	65	32,5
Всего за материалы			32,5	
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			33,5	
Итого по статье $C_m$				66

### Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Таблица 6.12 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с учетом НДС, руб.	Норма амортизации, %	Амортизация, руб.
1	Весы лабораторные равноплечие ВЛР-200г-М	1	15000	15	2250
2	Установка для определения элементов-примесей	1	70000	15	10500
3	Муфельная печь	1	30000	15	4500
4	Сушильный шкаф	1	50000	15	7500

Продолжение таблицы 6.12

Экдикатор	1	1100	15	165
Муфельная печь	1	20000	15	3000
Итого		186100		27915
За период выполнения НИР				9305

**Основная заработная плата**

Таблица 6.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Специальтет
Календарное число дней	100	120
Количество нерабочих дней	35	35
-выходные дни	6	6
-праздничные дни		
Потери рабочего времени		
-отпуск	-	-
-невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	59	59

Таблица 6.14 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>р</sub> , раб.дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30244,4	5331,2	22	117286,4
Специальтет	8000	1,3	10400	1833,2	22	40330,8

**Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала**

Таблица 6.15 - Зарплата исполнителей НТИ

Зарплата	Руководитель	Специальтет
Основная зарплата	117286,4	40330,8
Дополнительная зарплата	-	-
Итого по статье С <sub>зп</sub>	117286,4	40330,8

**Отчисления на социальные нужды**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

где  $k_{\text{внеб}} = 27,1$  % коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 6.16 - Отчисления на социальные нужды

	<b>Руководитель</b>	<b>Специальтет</b>
Зарплата	117286,4	40330,8
Отчисления на социальные нужды	31784,6	10929,6

## Энергопотребление

Расчет затрат на электроэнергию научного оборудования приведен в таблице 6.17 (при средней стоимости 1 кВт электроэнергии в Томске -3 руб.).

Таблица 6.17-Затраты на электроэнергию

№	Наименование прибора	Количество, штук	Потребляемая мощность, кВт/ч	Т приб., ч	Е,кВт*ч	Стоимость, руб.
1	Лабораторные весы аналитические	1	0,015	0,5	0,0075	0,0225
2	Муфельная печь	1	2,6	35	91	273
3	Сушильный шкаф	1	0,85	56	47,6	142,8
4	Песочная баня	1	2,5	12	30	300
5	Водяная баня	1	1,5	7	10,5	31,5
ИТОГО						747,33

## 6.6 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Наиболее подходящей организационной структурой является проектная структура, представленная на рисунке 1.

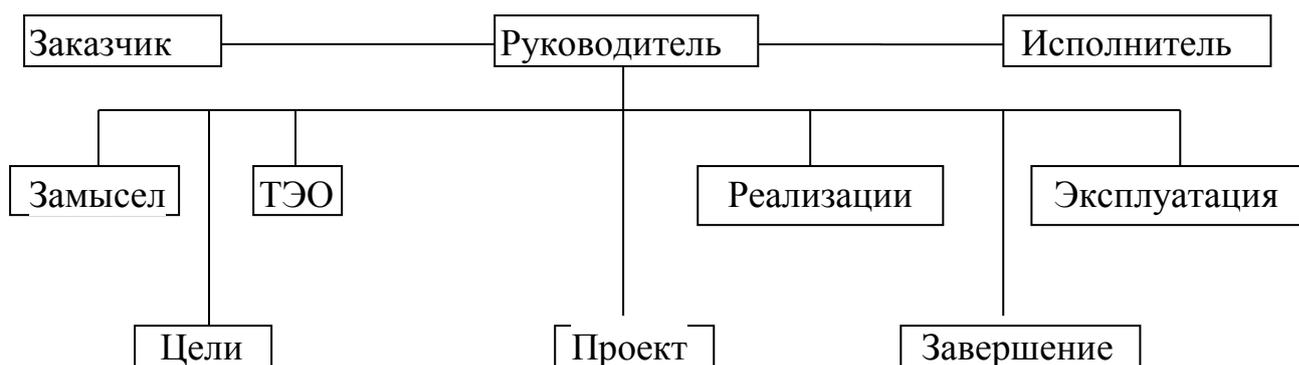


Рисунок 1 - организационная структура проекта

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта, было выявлено, что наиболее выгодной является проектная структура.

## 6.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

### **Динамические методы экономической оценки инвестиций**

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- Чистая текущая стоимость (**NPV**);
- Срок окупаемости (**PP**);
- Внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- Индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

#### **Чистая текущая стоимость (NPV)**

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0,$$

где  $ЧДП_{опt}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t=0, 1, 2 \dots n$ );

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства:  $NPV > 0$ .

Чем больше  $NPV$ , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если  $NPV$  является положительной.

Таблица 6.18 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб	0	262128	262128	262128	262128
2.	Итого приток	0	262128	262128	262128	262128
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-209702	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб С+Ам+ФОТ	0	50564	50564	50564	50564
5.	Налоги Выр-опер=донал.приб*20%	0	42313	42313	42313	42313
6.	Итого отток Опер.затр+налоги	-209702	92877	92877	92877	92877
7.	Чистый денежный поток ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-209702	171112	171112	171112	171112
8.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=0,20$ )	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
9.	Дисконтированный чистый денежный поток ( $c7*c8$ )	-209702	142536	118752	98903	82476
10.	Тоже нарастающим итогом ( $NPV = 232965$ )	-209702	-67166	51586	150489	232965

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 232965 д. е., что позволяет судить о его эффективности.

### Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разности ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 6.19).

Таблица 6.19 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ )	-209702	142536	118752	98903	82476
2.	Тоже нарастающим итогом	-209702	-67166	51586	150489	232965
3.	Дисконтированный срок окупаемости	<b><math>PP_{дск} = 1 + 67166 / 118752 = 1,56</math> месяца</b>				

### Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 6.20 и графика, представленного на рисунке 2.

Таблица 6.20 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№ п/п	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV
1	Чистые денежные потоки	-209702	171112	171112	171112	171112	
2	Коэффициент дисконтирования						
	i=0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	i=0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,095	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,070	
3	Дисконтированный денежный поток						
	i=0,1	-209702	155541	141338	128505	116869	332551
	i=0,2	-209702	142536	118752	98903	82476	232965
	i=0,4	-209702	12174	87265	62285	44489	106511
	i=0,5	-209702	114132	75974	50478	33880	64762
	i=0,6	-209702	106945	66734	41751	16256	21984
	i=0,7	-209702	100613	57322	34735	11978	-5054

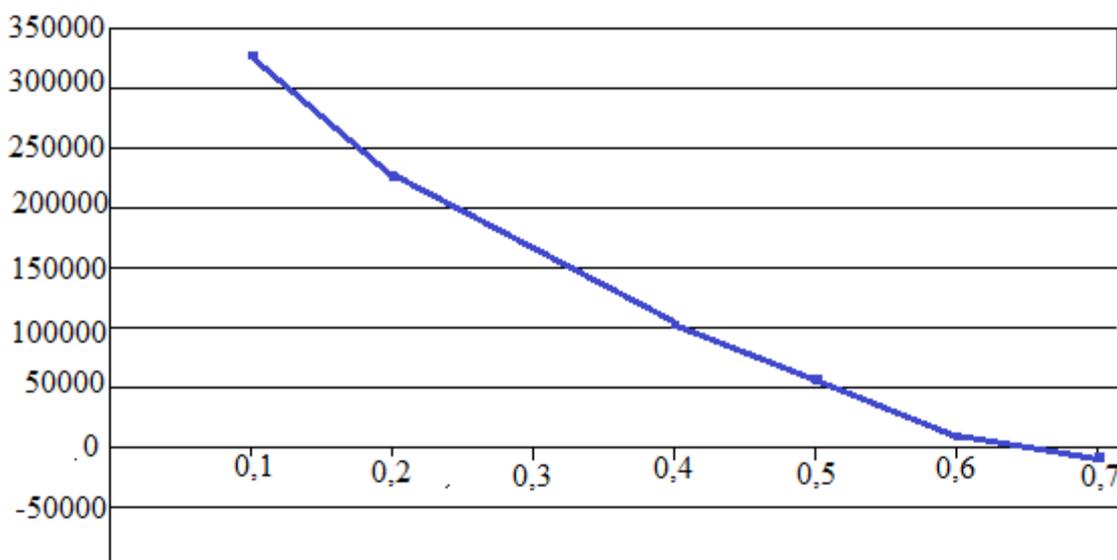


Рисунок 2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,65.

### Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0,$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{142536 + 118752 + 98903 + 82476}{209702} = 2,11$$

$PI=2,11 > 1$ , следовательно, проект эффективен при  $i=0,2$ ;  $NPV=232965$

## Оценка сравнительной эффективности исследования

Таблица 6.21 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант <b>Ошибка!</b> аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрика ты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная <b>Ошибка!</b>	Отчисления на <b>Ошибка!</b>	Итого плановая себестоим ость
1	100	572615	204544	70240	847499
2	60	343596	198600	63288	605517

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{473353}{847499} = 0,55$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{847499}{847499} = 1$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{605517}{847499} = 0,71$$

где  $I_{\Phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p,$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 6.22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителям)	0,15	4	3	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	3
4. Энергосбережение	0,20	5	4	2
5. Надежность	0,25	5	5	5
6. Материалоемкость	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	25	22	20

$$I_m^p = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,15 = 4,4$$

$$I_m^1 = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 4 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,15 = 4$$

$$I_m^2 = 3 * 0,1 + 4 * 0,15 + 3 * 0,15 + 2 * 0,2 + 5 * 0,25 + 3 * 0,15 = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,4}{0,55} = 8$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_\phi^{a1}} = \frac{4}{1} = 4$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,45}{0,71} = 4,86.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a1}} = \frac{8}{4} = 2$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a2}} = \frac{8}{4,86} = 1,64$$

где  $\mathcal{E}_{ср}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{мэ}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{мэ}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 6.23 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,71	0,55
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4	3,45	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	8	4	4,86
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2		1,64

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в дипломной работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций была получена чистая текущая стоимость (NPV) – 232965 тыс. руб. Таким образом, данный инвестиционный проект можно считать выгодным, NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта ( $PP_{дск}$ ) составляет 1,56 месяца. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 65%, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполняется условие неравенства  $IRR > i$ . Индекс доходности (PI) – 2,11 данная величина превышает единицу, можно утверждать, что данная инвестиция приемлема.