


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Факультет «Химический»  
Кафедра «Экологии и природопользования»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

д.х.н, профессор кафедры  
«ХТТ» КемГУ

 Ю.А. Захаров

09 июля 2016г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

д.х.н., профессор

 В.В. Авдин

09 июля 2016г.

Оценка качества угля «Кузбасского угольного бассейна»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ НИР  
ЮУрГУ – 022000.62.2016.833 ПЗ ВК НИР

Руководитель НИР,  
д.с-х.н., профессор кафедры  
"ЭКиП"

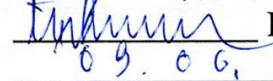
 В.С. Зыбалов  
09 июля 2016г.

Автор НИР  
студент группы Хим – 442

 Е.С. Боровков  
09 июля 2016г.

Нормоконтролер,

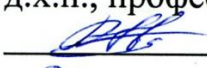
с.н.с.к.т.н., доцент

 В.Р. Гофман  
09.06. 2016г.

Челябинск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)

Факультет «Химический»  
Кафедра «Экологии и природопользования»  
Специальность «022000.62 – «Экология и природопользование»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой,  
д.х.н., профессор  
 В.В. Авдин  
29 апреля 2016г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Боровкова Евгения Сергеевича

(фамилия, имя, отчество)

1.Тема работы

Оценка качества угля "Кузбасского угольного бассейна"

утверждена приказом по университету от « 15 » апреля 2016 г. № 661

2.Срок сдачи студентом законченного проекта 11.06.2016

3.Исходные данные к проекту \_\_\_\_\_

Анализ литературных источников

Материалы преддипломной практики

4.Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

Цели, задачи и методы исследования

Обсуждение результатов исследований

Заключение

Список использованных источников

5.Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Титульный лист

2 Актуальность темы

3 Цели и задачи

4 Объекты исследования

5 Методика исследования

6 Оборудование для исследования

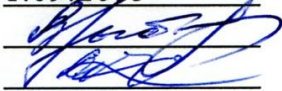

7 Результаты исследования

8 Выводы

9 Спасибо за внимание

Всего 11 лист

6. Консультанты по ВК НИР, с указанием относящихся к ним разделов ВК НИР

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
7. Дата выдачи задания		1.09.2015	
Руководитель			/В.С. Зыбалов/
Задание принял к исполнению			/Е.С. Боровков/



## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта	Срок выполнения этапов проекта	Отметка о выполнении
1	Сбор материала	2015-2016	выполнено
2	Анализ литературных данных и составление литературного обзора по данной проблеме	01.10.15–25.02.16.	выполнено
3	Разработка и обоснование методик исследования	15.07.15–20.09.15.	выполнено
4	Обработка результатов исследований	10.12.15–30.04.16.	выполнено
5	Оформление пояснительной записки	01.05.16–13.05.16.	выполнено
6	Получение рецензии, отзыва, подготовка доклада	15.05.16–10.06. 16	выполнено

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.х.н., профессор В.В. Авдин  
 Руководитель работы \_\_\_\_\_ д.с-х.н., профессор В.С. Зыбалов  
 Студент \_\_\_\_\_ Е.С. Боровков

## РЕФЕРАТ

Боровков Е.С. Оценка качества угля "Кузбасского угольного бассейна". – Челябинск: ЮУрГУ, Хим-442, 2016. – 54 с., 7 рисунков, 7 таблиц, список использ. источников – 40 наименований, 2 приложения.

Ключевые слова: уголь, длиннопламелный уголь, обогащение

Цель работы: определение химического состава угля используемого в топливно-энергетическом комплексе Кузбасского угольного бассейна ( на примере Шахта Первомайская).

Для достижения цели НИР решены следующие задачи:

- проведен литературный обзор;
- проведен анализ использования угля различных марок в топливно-энергетическом комплексе;
- изучены основные химические показатели угля. На примере Шахты Первомайской;
- разработаны меры по повышению качества охраны окружающей среды.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	
1.1 Значение угледобывающей промышленности в России .....	10
1.2 Территориальное размещение и его значение.....	11
1.3 Технологические особенности .....	12
1.4 Положение угольной промышленности в России на сегодняшний день.....	13
1.5 Качественный состав угля .....	15
1.5.1 Содержание золы .....	16
1.5.2 Выход летучих веществ.....	17
1.5.3 Содержание серы .....	17
1.5.4 Теплота сгорания .....	18
2 ХАРАКТЕРИСТИКА «КУЗБАССКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА»	
2.1 Основные положения и месторождения угля.....	19
2.2 Основные химические показатели угля .....	20
2.3 Угольная промышленность «Кузбасского угольного бассейна» .....	22
2.4 Оценка «Кузбасского угольного бассейна».....	23
3 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЯ	
3.1 Объекты исследования.....	28
3.2 Методы исследования .....	28
3.3 Нормативная база используемая для исследования .....	33
3.4 Оборудование, необходимое для исследования.....	33
4 ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УГЛЯ	
4.1 Основные характеристики свойств угля .....	35
4.2 Результаты исследования длиннопламенного угля .....	37
5 МЕРЫ ПО ОЧИСТКЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
5.1 Основные экологические проблемы переработки .....	44
5.2 Использование транспортной системы .....	46
5.3 Процесс газификации угля .....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расположение угледобывающих районов Кузбасского угольного бассейна.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Нормативная база государственных стандартов .....	54

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Проблема бытового и промышленного использования углей Кузбасского угольного бассейна в первую очередь связана с качеством. В различных отраслях промышленности имеются свои требования, предъявляемые к качеству углей. Отклонение от нормы некоторых показателей влияет на стоимость и даже сферу применения угля. Изучение данной темы является весьма актуальным, так как остро стоит вопрос об уменьшении затрат на обогащение угля, улучшения мер по очистке, а также о повышении параметров качества угля до необходимых для того, чтобы использовать продукт не только на национальном рынке, но и на международном.

Цель работы: определение химического состава угля используемого в топливно-энергетическом комплексе Кузбасского угольного бассейна ( на примере Шахта Первомайская).

Для достижения цели НИР, в ходе работы, были поставлены следующие задачи:

- провести литературный обзор;
- провести анализ использования угля различных марок в топливно-энергетическом комплексе;
- изучить основные химические показатели угля. На примере Шахты Первомайской;
- разработать меры по повышению качества охраны окружающей среды.

Угольная промышленность – важное звено топливно-энергетическом комплексе. Уголь используется в промышленности, на тепловых электростанциях как топливо, а так же как технологическое сырье и топливо в металлургии и химической промышленности (коксующиеся угли).

Происхождения, который сформировался вследствие распада и выветривания, под воздействием давления, температуры и времени миллионы лет назад.

Структурно угольные пласты представляют собой геологические пласты, характеризующиеся теми же самыми расхождениями по толщине, однородности и непрерывности как и другие пласты осадочного происхождения. Хотя уголь не является истинным минералом, процесс его формирования сходен с процессом формирования осадочных пород. Угольные пласты могут состоять из чрезвычайно однородных непрерывных слоев или, как другие осадочные месторождения могут состоять из различных слоев или пластов переменной толщины.

Пласты могут быть отделены друг от друга тонкими слоями глины, сланца, пирита или другого минерального вещества, обычно называемые междупластьем (прослоем породы). Как и другие осадочные породы, угольные пласты могут быть структурно неоднородны, образуя складки и сбросы.

Таким образом, прослоек, ограниченный двумя более или менее параллельными пластами -форма, которая типична для осадочных пород.

Лигнит является веществом, промежуточным по своим свойствам между торфом и каменным углем, содержа в сухом состоянии приблизительно 60-75 процентов углерода и переменное содержание золы. Лигнит - низкосортный уголь

от черного до коричневого цвета, содержащий 30-40 процентов влаги. При получении тепловой энергии он дает от 2 500 до 4 500 калорий.

Исходя из содержания углерода, уголь может быть классифицирован на бурые угли, каменные угли и антрацит. Бурые угли в свою очередь делятся на лигнит и собственно бурый уголь. Хотя углерод самый важный элемент в угле, целых 72 элемента были найдены в некоторых угольных месторождениях, включая литий, хром, кобальт, медь, никель, вольфрам и другие.

Он является легко воспламеняющимся, но горит с дымным пламенем. Лигнит склонен к самовоспламенению. Считается, что приблизительно 50 процентов от общих залежей угля в мире - лигниты.

Большие залежи каменного угля найдены в Российской Федерации. Антрацит или "твердый" уголь обладает характерным блеском, содержа больше 90 процентов углерода и небольшой процент различных веществ. Он используется, прежде всего, как топливо местного назначения, хотя может иногда смешиваться с битумными сортами угля, чтобы произвести смесь с улучшенными коксующимися свойствами. Наибольшие залежи антрацита найдены в России, США и Великобритании.

Бурый уголь более тверд, чем лигнит, содержа от 60 до 65 процентов углерода и выделяя большее количество теплоты при сгорании, чем лигнит (4 000-7 000 калорий). Он является высоко-горючим и дает дымный порох. Каменный уголь - очень разнообразен, колеблясь от среднего до высшего качества. Это - мягкий, черный, обычно образующий пачки уголь.

Он дает дымный порох и содержит 75-90 процентов углерода. Уголь лишь слегка подвержен выветриванию и может храниться в открытых штабелях с небольшим риском самовоспламенения, при правильном хранении. Колеблющиеся от средне - до низкокачественных каменные угли могут иметь коксующиеся свойства. Уголь широко используется в доменных печах для железной руды плавления. Существуют некоксующиеся виды угля. Что касается толщины, пласты этого вида угля не являются очень мощными (1-1,5 метра).

Бурым углём называют осадочную породу, которая образуется при разложении остатков древних растений (древовидных папоротников, хвощей и плаунов, а также первых голосеменных растений).

Процесс образования и состав бурого угля сходен с каменным, но бурый является менее ценным. Однако месторождений бурого угля на планете больше, а залегают он на меньшей глубине. Бурый уголь состоит из смеси высокомолекулярных ароматических соединений (главным образом углерода до 78 процентов), а также воды и летучих веществ с небольшим количеством примесей. В зависимости от состава угля меняется и количество теплоты, выделяющееся при его сгорании, а также количество образующейся золы.

Для образования полезного ископаемого также необходимо было соблюдение следующего условия: гниющий растительный материал должен был накапливаться быстрее, чем происходит его разложение. Бурый уголь образовывался в основном на древних торфяных болотах, где накапливались углеродные соединения, а доступ кислорода практически отсутствовал.



Исходным материалом для образования угля является торф, который также раньше активно использовался в качестве топлива. Уголь же появлялся в том случае, если пласты торфа оказывались под другими наносами. Торф при этом спрессовывался, терял газы и воду, в результате чего образовывался уголь.

Бурый уголь возникал при залегании спрессованных торфяных пластов на небольшой глубине (при залегании их глубже образовывался каменный уголь). Поэтому месторождений бурого угля больше, а расположены они ближе к поверхности. Пласты угля также приподнимались во время тектонических движений, в результате чего некоторые из них оказались на глубине нескольких метров от поверхности. Благодаря этому, большинство буроугольных месторождений разрабатывается открытым способом.

Различают 3 основных разновидности бурого угля: лигнит (с ясно различимой древесной структурой материнских растений), рыхлый землистый и плотный блестящий. Бурый уголь распространён в отложениях различного возраста, начиная от девона и карбона, но наиболее богатые месторождения относятся к мезозойскому и третичному возрастам.

Бурый уголь используются в качестве энергетического топлива и как химическое сырьё для получения жидкого топлива и разных синтетических веществ, газа и удобрений. При специальной обработке из бурого угля получают кокс, пригодный для металлургического производства.

Добыча угля в Кузбасском угольном бассейне на сегодняшний день занимает ведущую роль в топливно-энергетическом комплексе страны. Кузбасский уголь соответствует всем нормам стандартов качественной продукции. Уголь Кузбасса отличается сравнительно невысокой зольностью, низким содержанием фосфора и серы, что положительно влияет на выход летучих веществ. Уголь легко доставить в любую часть страны, где потребность в угле.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Значение угледобывающей промышленности в России

Общие геологические запасы угля в стране составляют 6,8 триллионов тонн, из них действительные и вероятные запасы – около 1200 миллиардов тонн, а запасы угля (балансовые) в России составляют миллиардов тонн КАТЭК – 80, Кузбасс – 59, Востсибуголь – 13,3, Якутуголь – 9,1. Печорский бассейн – 8,3, Восточный Донбасс – 6,7, Дальуголь и Приморье – 3,9, Подмосковский бассейн – 3,8, Сахалин – 1,8. В остальных регионах запасы незначительны. Основные мощности по добыче угля сконцентрированы в Сибири и на Дальнем Востоке.

В топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) России доля угля в 1950 году достигала 65 процентов, в 1960 году – 40 процентов. В 1970-е годы угольное топливо было вытеснено нефтегазовым, и в настоящее время доля угля в ТЭБ России составляет лишь 12 процентов, а в топливном балансе теплоэлектростанций примерно 25 процентов.

В России на сегодняшний день в топливно-энергетическом балансе на газ приходится около 49 процентов, на нефть – 32 процентов, а на уголь – всего 13 процентов. В дальнейшем прогнозируется, что доля угля в топливно-энергетическом балансе повысится, а значит спрос на уголь в России будет возрастать.

В таких регионах России, как Урал, показатель доли угля уже возрос в производстве электроэнергии. На Дальнем Востоке удельный вес угля в балансе котельно-печного топлива превышает 80 процентов, а тепловая и электрическая энергия в регионах Дальнего Востока вырабатывается в основном на ТЭС на угле.

Более 25 процентов каменных углей приходится на технологическое топливо, то есть коксующиеся угли, основными источниками которых являются Кузнецкий, Донецкий, Печорский и Карагандинский, а в последнее время рассматриваются Южно-Якутский бассейны.

На территории России выявленные запасы угля размещены более дисперсно, чем нефть и природный газ. Но основная их масса сосредоточена в нескольких бассейнах, таких как Ленский (1 миллиард 647 миллионов тонн), Тунгусский (2345 миллиардов тонн), Канско-Ачинский (601 миллиард тонн) и Кузнецкий (725 миллиардов тонн) [10].

На сегодняшний день большее внимание уделяется оценке размещения ресурсов, которые целесообразно осваивать экономически. Наиболее распространенными считаются каменные угли, так как они составляют 70 процентов общих запасов.

Соотношение между каменными и бурными углями имеют территориальные различия. В европейской части СССР, к примеру, в большей степени преобладают каменные угли, составляющие 80 процентов от всех запасов, в Казахстане они находятся приблизительно в равном числе, а вот в Сибири, например, бурых углей в 3 раза меньше, чем каменных.

## 1.2 Территориальное размещение и его значение

Территориальное размещение угольных предприятий жестко обусловлено местоположением запасов. Значительная их часть залегает в промышленно неразвитых азиатских регионах с суровыми природными условиями, что предопределяет повышенный уровень производственных, социальных и транспортных затрат. К счастью, Россия обладает избыточным количеством угольных запасов, и есть возможность выбора.

Однако решения по размещению новых угольных предприятий зависят от величины затрат на транспортировку продукции до потребителей, а железнодорожные тарифы изменяются непредсказуемым образом.

Запасы угля, пригодные для добычи, удалены от основных потребителей как внутри России, так и за рубежом. Значимость того или иного угольного бассейна в территориальном разделении труда зависит от количества и качества ресурсов, степени их подготовленности для промышленной эксплуатации, размеров добычи, особенностей транспортно-географического положения и др. По совокупности этих условий выделяются основные межрайонные угольные базы – Донецкий, Кузнецкий, Карагандинский и Печорский бассейны.

В то же время перспективными основными угольными базами становятся Канско-Ачинский и Экибастузский бассейны. Почти 50 процентов балансовых запасов шахт России являются некондиционными по качеству угля, мощности, условиям залегания, выбросоопасности пластов (Подмосковный, Кизеловский и Восточно-Донецкий бассейны, Сахалин, ряд районов Кузбасса). Только 43,5 процентов промышленных запасов углей в России соответствуют мировым стандартам [16].

Наиболее рентабельные месторождения (Кузнецкое и Канско-Ачинское) находятся на расстоянии более 3 тысяч км от ближайших портов. В настоящее время в порту Усть-Луга в Финском заливе строится угольный терминал для экспорта 8 миллионов тонн обогащенного коксующегося угля, в основном воркутинского и кузбасского.

Перевозки угля по железной дороге становятся все дороже. Так, затраты на перевозку 1 тонн кузбасского угля в Москву составляют 178 тысяч рублей при цене 1 тонн этого угля 98 тысяч рублей за тонну.

Цены на уголь не восполняют затрат угледобывающих предприятий. Быстрый рост издержек, связанный с оплатой услуг железнодорожного транспорта, существенно снижает конкурентоспособность наших углей по отношению к углю добываемому в Польше, США, Австралии [18].

В результате возникновения существенной угрозы реализации угля отечественного производства правительством России будут приняты меры по защите внутреннего рынка. На сегодняшний момент через введение налога на добавленную стоимость и постоянно повышающиеся импортные пошлины защищаются российские производители. В случае с поставками импортного угля легко можно «отрегулировать» железнодорожный тариф.

Отечественным производителям с большим трудом вписываются в мировые стандарты качества угля. Рынки давно заняты морскими поставками высокоэффективных углей из США, Австралии и ЮАР.

В этих условиях российские предприятия могли бы стать конкурентоспособными лишь при крайне низких уровнях зарплаты и транспортных тарифов, бесплатной экологии.

Самый реалистичный и работоспособной выглядит стратегия расширенного выхода на мировые рынки путем создания совместных горных предприятий, концернов, консорциумов и решающих вопросы инвестиционного обеспечения, новых технологий и качества угля.

### **1.3 Технологические особенности добычи угля**

Негативные воздействия горных работ на природную среду особенно значительны при открытом способе добычи угля. Более 60 процентов угольных шахт России взрывоопасны (газ и угольная пыль), почти в 50 процентов возможно самовозгорание угля. Высокий показатель заболеваний шахтеров в 9 раз превышает средние показатели по промышленности России. Но в 1996 году по сравнению с 1993 годом общий травматизм уменьшился на 18 процентов. В январе-октябре 1996 года по сравнению с тем же периодом 1995 годом, число случаев со смертельным исходом сократилось с 298 до 119 человек [30].

По мере эксплуатации любого угледобывающего предприятия горные работы все более передвигаются в глубь земных недр, что сопровождается удлинением производственных коммуникаций и падением их производительности. Неблагоприятные изменения особенно заметны в отдельных звеньях технологической цепочки шахты (вентиляция, транспорт добытого угля и породы), которые становятся слабыми местами в работе предприятия. В итоге добычная способность шахты постепенно снижается, а ее экономические показатели ухудшаются [11].

Проекты строительства шахт предусматриваются вскрытие и подготовка к выемке запасов только одного верхнего добычного горизонта. Но по истечении от 10 до 12 лет шахта полностью отрабатывает данную часть угольных запасов, и на ней должны быть завершены вскрытие и подготовка к эксплуатации следующего, расположенного ниже горизонта.

Во многих случаях это означает осуществление комплекса работ по реконструкции, что требует крупных инвестиций. Таким образом, периодическая реконструкция угольного предприятия является не только (как в других отраслях) средством экономически выгодного обновления, но и условием его физического существования. Необходимо отметить, что в своевременном инвестировании реконструкции практически не зависит от чисто экономических соображений, а является категорическим императивом и не может отодвигаться, поскольку жестко связана с движением фронта горных работ.

Конечный срок службы угледобывающего предприятия также жестко ограничен величиной запасов угольного поля. Средний срок службы шахты

составляет около 40 лет, то есть в отрасли ежегодно выбывает пять, семь шахт. При сохранении стабильной общей потребности страны в угле для компенсации этой потери необходимо регулярно и заблаговременно, с запасом от 8 до 10 лет, строить такое же количество новых шахт.

Даже в условиях стабилизовавшейся общей потребности в угле отрасль физически не может существовать без крупных регулярных инвестиций.

Если же спрос на уголь вновь начнет повышаться спустя, допустим, от 8 до 10 лет, то, с учетом запаса капиталовложений в новое строительство, величина инвестиций, необходимых сегодня (при стабильной спросе), окажется еще большей.

#### **1.4 Современное состояние угольной промышленности в России**

В настоящее время угольная промышленность России стоит перед необходимостью глубокого реформирования. В течение ряда последних лет снижается уровень добычи угля, (с 1990 по 1994 годы добыча угля в Российской Федерации в целом сократилась на одну треть), падает производительность труда в отрасли, растет себестоимость добычи.

Резкое сокращение промышленного производства в последние годы обострило проблему платежеспособного спроса на продукцию угольной отрасли, поставило подавляющее большинство угледобывающих предприятий в крайне тяжелое положение. Распад СССР привел к тому, что значительная часть ранее созданной угольной базы оказалась в Украине и Казахстане.

На долю России в 1990 году приходилось 55,7 процента, Украины – 23,7 процента, Казахстана – 18 процентов общесоюзной добычи угля. Россия получила 271 из 574 угледобывающих предприятий бывшего СССР.

В европейской части страны их осталось 82 из 333. Почти полностью была утеряна мощная база высококачественных углей Донбасса и Караганды, отошел к Казахстану уникальный по мировым меркам Экибастузский угольный бассейн. Россия лишилась многих заводов горного машиностроения.

В течение длительного периода времени угольная промышленность СССР, а потом Российской Федерации создавала собственный строительный потенциал. Сейчас он в целом способен обеспечить выполнение основных задач реструктуризации отрасли. Будут продолжены разгосударствление большинства угольных предприятий и переход на акционерную форму хозяйствования с устранением имеющегося здесь формализма [1, 15].

В необходимых случаях отрасль получает разностороннюю строго селективную государственную поддержку мер по закрытию неперспективных мощностей и санации нерентабельных угольных предприятий.

Будет создан, наконец, механизм ценообразования, адекватный рыночной системе, но предусматривающий его государственное регулирование. Системы финансирования и бухгалтерского учета на предприятиях будут реформированы в соответствии с общепринятыми международными стандартами и соглашениями.



По производству машин в СССР и оборудования для угольной промышленности находились на Украине (60 процентов), в Казахстане (25 процентов) и в РСФСР (15 процентов). К выпуску горношахтного оборудования, ранее производившегося на Украине и в Казахстане, подключены 29 заводов Миноборонлрома РФ и других отраслей. С 1993 года проводится работа по повышению качества и надежности горной техники за счет применения новых материалов, комплектующих и передовых технологий оборонного комплекса РФ. С 1994 по 1996 годы заключены генеральные договоры долгосрочной аренды оборудования с более чем 40 предприятиями угольной промышленности на общую сумму 1 триллион рублей (всего 90 механизированных комплексов).

Ожидаемая в среднесрочной перспективе стабилизация спроса на уголь со слабовыраженной тенденцией к росту после 2000 года (оценки концерна «Росуголь», всемирного банка, ЦНИЭИуголь, Институт угля СО РАН) не обеспечивает восстановление потребления угля (в том числе коксующегося) народным хозяйством России на уровне конца восьмидесятых годов. Все приведет к закрытию ряда нерентабельных и бесперспективных угольных предприятий [4].

Очевидно, что в новых экономических условиях (отсечения экономически неэффективных предприятий) будет наращиваться производство угля на шахтах и разрезах с хорошими горно-геологическими условиями, высокими технико-экономическими показателями, а также имеющих высокие качественные характеристики продукции, обеспечивающие производство высококачественного продукта и удовлетворяющие экологическим требованиям. На рисунке 1.1 представлена схема добычи угля в РФ по видам марок в процентах.

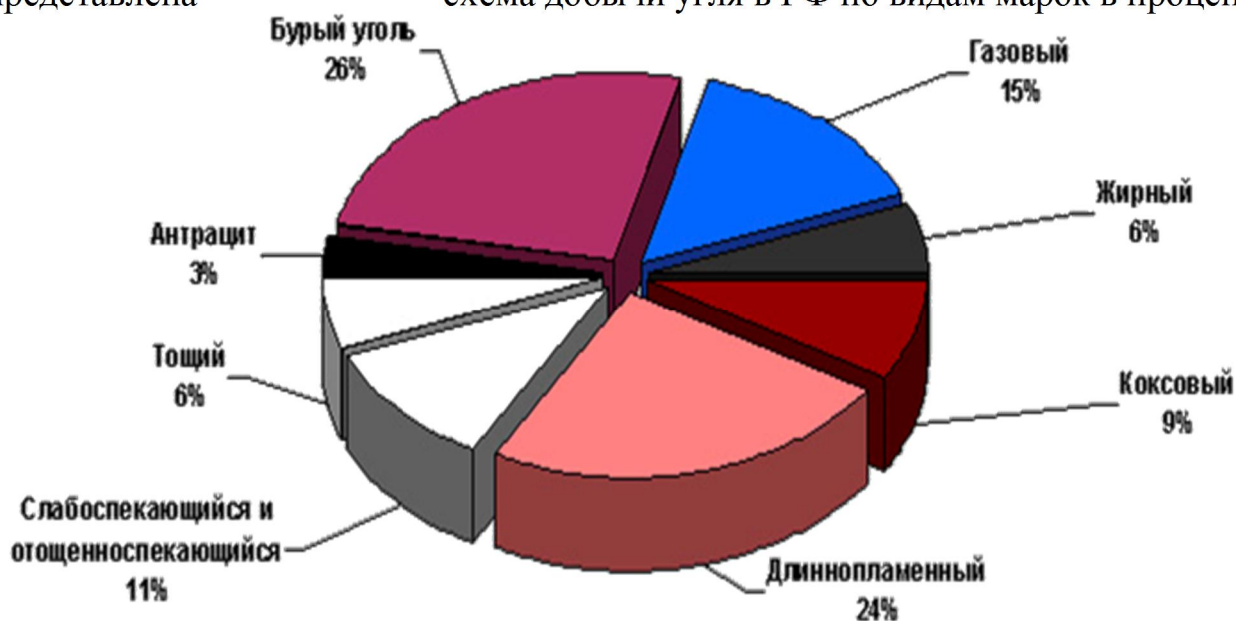


Рисунок 1.1 – Добыча угля в Российской Федерации по видам марок, в процентах

Общие прогнозные запасы составляют около 4 триллионов тонн, то есть 10 процентов от мировых, а общие балансовые запасы угля в России оцениваются в

200 миллиардов тонн. Базой угледобычи принято считать разведанные запасы категорий А, В, С1 действующих, строящихся угледобывающих предприятий и детально разведанных резервных участков для строительства новых угледобывающих предприятий. В соответствии с нормами в сырьевой базе угольной промышленности учитываются запасы угля в количестве от 106 миллиардов тонн [6, 12].

Основной объем (до 80 процентов) балансовых запасов приходится на районы Западной и Восточной Сибири.

## **1.5 Качественный состав угля**

Уголь – это горючая осадочная порода, образованная из видоизмененных остатков растений, уплотненных вышележащими слоями. Ископаемые угли представляют собой сложные высокомолекулярные соединения, образовавшиеся в результате процессов полимеризации и конденсации продуктов превращения растительных остатков.

Существует обширное разнообразие углей, обусловленным составом и свойствами исходного растительного материала, условиями и степенью изменений, которым материал подвергался в период геологической истории, а также присутствием и характером включений различных примесей.

Твердые горючие ископаемые существенно отличаются по основным свойствам в зависимости от степени метаморфизма. Между бурыми, каменными углями и длиннопламельными углями существует генетическая связь, то есть эти виды твердых горючих ископаемых являются последовательными стадиями процесса преобразования растительного материала.

Каждая стадия этого процесса характеризуется увеличением накопления углерода и снижением выхода летучих веществ в органической массе, или, как принято это называть, определенной степенью углефикации. Но бурый уголь не обязательно является промежуточной стадией процесса углеобразования. В зависимости от условий генезиса они могут быть и конечным продуктом [23].

Многообразие свойств и качественных отличий углей определяет необходимость учета и диагностики его свойств для выбора рациональных способов его подготовки и использования.

В качестве основных методов оценки свойств углей применяют петрографический анализ, физические, химические и физико-химические методы исследования.

Качество угля изучается в условиях естественного его залегания, в добытой и отгружаемой товарной продукции, а также при поступлении на углеперерабатывающие и углепотребляющие предприятия.

Все показатели состава и свойств угля и их качественные характеристики имеют условные обозначения в виде буквенных символов, которые сопровождаются буквенными индексами.

Нижний индекс дополняет характеристику соответствующего (выраженного символом) показателя, например: массовой доли влаги угля **W**: общей внешней

$W_t$ , гидратной  $W_{ex}$ . Верхний индекс указывает состояние угля, к которому относится показатель.

Влажность – это основной показатель качества угля. Обозначается буквой  $W$ , измеряется в процентах от общей массы угля. Определяется по ГОСТ 11014-81, ГОСТ 27314-91 (ИСО Э 89-81). Любое ископаемое твердое топливо при залегании в недрах содержит некоторое количество влаги. Влажность угля зависит от его метаморфизма, степени окисленности, петрографического состава и некоторых других факторов. Даже для одного и того же типа топлива это содержание может быть различным, так как оно зависит от условий бегания, от наличия подземных вод, складок местности и прочее [28].

Повышенное содержание влаги в угле вызывает снижение теплоты сгорания топлива, смерзаемость угля в вагонах и на складах, трудности при погрузке, разгрузке, сортировке и т.д.

Очень сухой уголь сильно пылит, что приводит к его потерям и загрязнению окружающей среды. Различают следующие виды влаги:

- влага топлива в рабочем состоянии ( $W_p$ ) – содержание всей влаги в добываемом, отгружаемом или используемом топливе. Рабочая влага бурых углей может составлять от 20 до 40 процентов, достигая 60 процентов в рыхлых землистых разностях, каменных углей от 6 до 18 процентов, антрацитов от 2 до 5 процентов;
- влага воздушно-сухого топлива ( $W_j$ ) – показывает содержание влаги в угле, в высохшем на воздухе. Данная величина зависит от степени зрелости угля. Кроме того, равновесная влага меняется в зависимости от температуры и влажности окружающего воздуха;
- аналитическая влажность ( $W_a$ ) – содержание влаги в топливе крупностью менее 0,2 мм доведенного до равновесного состояния с влажностью лабораторного помещения. Она необходима только для пересчетов показателей качества угля при проведении испытаний.

### 1.5.1 Содержание золы

Зольность, или содержание минеральных (не горючих) примесей в угле, также является основным показателем, определяющим качество.

Минеральные примеси – это в основном нейтральный балласт, в меньшей степени – источник вредных химических элементов, влияющих на технологические характеристики угля, а в теплоэнергетике и на степень экологического загрязнения.

Содержание минеральных примесей зависит только от условий торфонакопления, а значит, может быть различным для углей разных марок. Различают внутреннюю, связанную с органической частью угля, и внешнюю, слагающую породные прослои, золу.

Содержание первой, как правило, незначительное (не более 10 процентов), но она практически не удаляется при обогащении. Внешняя зола, особенно связанная

с малоуглистыми породными прослоями, легко удаляется при всех видах обогащения. В различных областях промышленности требования к зольности существенно различаются.

В теплоэнергетике используются бурые и каменные угли, в основном с  $A_d$  до 35 процентов, при более высоком содержании золы они требуют специальных видов сжигания [29].

Таким образом, требования к зольности низкометаморфизованных, а значит малокалорийных углей (бурые, длиннопламенные), должны быть более жесткими, чем к зольности высокометаморфизованных (тощие, антрациты). В практике используется, в основном, два показателя зольности: отнесенные к абсолютно сухому топливу и к рабочему его состоянию, то есть при фактической его влажности.

### **1.5.2 Выход летучих веществ**

Органическая масса углей при термическом воздействии разлагается на две производные: летучие вещества и нелетучий остаток.

В состав летучих входят первичный дёготь (в бурых углях), каменноугольная смола (в каменных) и газы: окись углерода, водород, метан, лёгкие углеводороды и их гомологи. Содержание летучих зависит от петрографического состава углей – витринитовые (блестящие) разновидности содержат их большее количество, чем фюзенитовые (матовые).

Показатель выхода летучих веществ весьма важен, так как определяет особенности поведения угля в процессе его использования. Так, высокое содержание газообразной (летучей) составляющей в составе горючей массы угля определяет его высокую реакционную способность (то есть воспламенение происходит при более низких температурах), превалирование конвективного типа передачи тепла над лучистым. Но вместе с тем угли с высоким выходом летучих веществ обладают более низкими показателями теплоты сгорания, термической стойкости. Они, как правило, характеризуются более высоким процентом химического недожога.

### **1.5.3 Содержание серы**

Показатель серы в углях является вредной примесью. При использовании угля в металлургии сера переходит в металл, ухудшая его качество.

При сжигании топлива сера образует сернистые соединения, которые, реагируя в атмосфере с водяными парами, образуют серную кислоту, выпадающую т.н. кислотными дождями.

Содержание серы в углях Кузнецкого, Канско-Ачинского, Минусинского бассейнов колеблется в пределах от 0,2 до 0,6 процентов [24].

Низким её содержанием характеризуются и угли Восточного Казахстана. Поэтому данный показатель в нашем регионе, как правило, редко учитывается при оценке качества и потребительской ценности топлива. Но, вместе с тем угли

некоторых месторождений Иркутского бассейна характеризуются очень высоким, более 10 процентов, содержанием серы, что делает их малопригодными для использования в теплоэнергетике.

Этот показатель наиболее важен для оценки потребительской ценности углей, особенно используемых в теплоэнергетике.

#### **1.5.4 Теплота сгорания**

Различают теплоту сгорания высшую, пересчитанную на сухое беззольное состояние топлива ( $Q_{daf}$ ). Этот показатель используется для сопоставления и классификации углей. Низшая теплота сгорания ( $Q_r$ ) характеризует топливо в его естественном состоянии, то есть при конкретных значениях влажности и зольности [29].



## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА «КУЗБАССКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА»**

### **2.1 Основные положения и месторождения угля**

Бурым углём называют осадочную породу, которая образуется при разложении остатков древних растений (древовидных папоротников, хвощей и плаунов, а также первых голосеменных растений). Процесс образования и состав бурого угля сходен с каменным, но бурый является менее ценным.

Однако месторождений бурого угля на планете больше, а залегают он на меньшей глубине. Бурый уголь состоит из смеси высокомолекулярных ароматических соединений (главным образом углерода до 78 процентов), а также воды и летучих веществ с небольшим количеством примесей. В зависимости от состава угля меняется и количество теплоты, выделяющееся при его сгорании, а также количество образующейся золы.

Для образования полезного ископаемого также необходимо было соблюдение следующего условия: гниющий растительный материал должен был накапливаться быстрее, чем происходит его разложение. Бурый уголь образовывался в основном на древних торфяных болотах, где накапливались углеродные соединения, а доступ кислорода практически отсутствовал.

Исходным материалом для образования угля является торф, который также раньше активно использовался в качестве топлива.

Уголь же появлялся в том случае, если пласты торфа оказывались под другими наносами. Торф при этом спрессовывался, терял газы и воду, в результате чего образовывался уголь [3].

Бурый уголь возникал при залегании спрессованных торфяных пластов на небольшой глубине (при залегании их глубже образовывался каменный уголь). Поэтому месторождений бурого угля больше, а расположены они ближе к поверхности.

Пласты угля также приподнимались во время тектонических движений, в результате чего некоторые из них оказались на глубине нескольких метров от поверхности. Благодаря этому, большинство буроугольных месторождений разрабатывается открытым способом.

Различают три основных разновидности бурого угля: лигнит (с ясно различимой древесной структурой материнских растений), рыхлый землистый и плотный блестящий. Бурый уголь распространён в отложениях различного возраста, начиная от девона и карбона, но наиболее богатые месторождения относятся к мезозойскому и третичному возрастам.

Бурый уголь используются в качестве энергетического топлива и как химическое сырьё для получения жидкого топлива и разных синтетических веществ, газа и удобрений. При специальной обработке из бурого угля получают кокс, пригодный для металлургического производства.

Солтонское месторождение это единственное угольное месторождение, расположенное на Алтае. Прогнозируемые запасы оцениваются в 250 миллионов тонн. Уголь здесь добывается открытым способом.

В настоящее время разведанные запасы бурого угля на двух разрезах составляют 34 миллиона тонн. В 2006 году здесь было добыто 100 тысяч тонн угля. В 2007 году объемы добычи должны составить 300 тысяч тонн.

Канско-Ачинский бассейн это угольный бассейн, расположен на несколько сотен километров восточнее Кузнецкого бассейна на территории Красноярского края и частично в Кемеровской и Иркутской областях. Этот Центрально-Сибирский бассейн обладает значительными запасами энергетического бурого угля. Добыча ведётся в основном открытым способом (открытая часть бассейна составляет 45 тысяч км<sup>2</sup> – 143 миллиардов тонн угля пласты мощностью от 15 до 70 м.). Встречаются также месторождения каменного угля [31].

Ленский угольный бассейн располагается на территории Республики Саха (Якутия) и Красноярского края. Основная часть его располагается в Центрально-Якутской низменности в бассейне реки Лены и её притоков (Алдана и Вилюя).

Площадь около 750 000 км<sup>2</sup>. Общие геологические запасы до глубины 600 метров более 2 триллионов тонн. По геологическому строению территория угольного бассейна подразделяется на две части: западную, которая занимает Вилюйскую синеклизу Сибирской платформы, и восточную, входящую в краевую зону Верхояно-Чукотской складчатой области. Угольные пласты сложены из осадочных пород от нижнеюрского до палеогенового периодов [27].

Залегание угленосных пород осложнено пологими поднятиями и впадинами.

В Приверхоянском прогибе угленосная толща собрана в складки, осложнённые разрывами, мощность её от 1000 до 2500 метров. Количество и мощность угольных пластов мезозойского возраста в различных частях бассейна разнообразны: в западной части от 1 до 10 пластов мощностью от 1 до 20 метров, в восточной до 30 пластов мощностью от 1 до 2 метров. Встречаются не только бурые, но и каменные угли (Приложение А, рис. А.1).

## **2.2 Основные химические показатели бурого угля**

В бурых углях содержится от 15 до 30 процентов влаги, зольность углей от 10 до 25 процентов теплота сгорания 27,2 Мдж/кг. Пласты бурого угля имеют линзовидный характер, мощность меняется от 1 до 10 метров.

Месторождения бурого угля часто располагаются рядом с каменноугольными. Поэтому он добывается также в таких известных бассейнах как Минусинский или Кузнецкий.

Угольный бассейн был открыт в 1721 году, широко разрабатывается с 1920 годов. По запасам и качеству углей Кузбасс – один из крупнейших эксплуатируемых каменноугольных бассейнов мира, где на сравнительно небольшой территории сконцентрированы мощные угольные залежи с широкой гаммой углей, пригодных для коксования, получения жидкого топлива и сырья для химической промышленности [28].

Он расположен на территории Кемеровской области Западной Сибири. Бассейн вытянут вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали на 800 км. По запасам, качеству углей и мощности пластов Кузбассу принадлежит одно из

первых мест в мире, в масштабах России доля Кузнецкого угля почти 60 процентов. Бассейн располагает большими запасами углей различных марок – от бурых до антрацитов. Большая часть всех запасов приходится на ценные коксующиеся угли. На его долю приходится 40 процентов всей добычи. Площадь бассейна около 26 тысяч км. Балансовые запасы его составляют 600 миллиардов тонн мощность пластов от 6 до 14 метров, а в ряде мест достигает от 20 до 25 метров, средняя глубина разработки угольных пластов шахтным методом достигает 315 метров. Бассейн имеет благоприятные горно-геологические условия разработки, что обеспечивает их низкую себестоимость [33].

Угли Кузбасса обладают невысокой зольностью от 4 до 6 процентов низким содержанием серы (от 0,3 до 0,65 процентов), фосфора, высокой калорийностью – 8,6 ккал, удельная теплота сгорания от 6000 до 8500 ккал/кг, значительны ресурсы коксующихся углей, их запасы составляют 643 миллиардов тонн. Вместе с тем, велика доля запасов, не соответствующих по своим параметрам мировым кондициям по горно-геологическим условиям залегания и качеству (около 50 процентов).

Добыча угля производится как открытым, так и шахтным способами. К основным центрам угледобычи относятся Прокопьевск, Анжеро-Судженск, Ленинск-Кузнецкий, наиболее перспективным является Ерунаковский угленосный район, где сосредоточены огромные запасы коксующихся и энергетических углей с благоприятными горно-геологическими условиями, пригодными для обработки как подземным, так и открытым способами с высокими технико-экономическими показателями [40].

Общая добыча угля за 2007 год составила 181,76 миллионов тонн (58 процентов от общероссийской добычи, всего по Российской Федерации за прошлый год добыто 313,4 миллионов тонн угля.), плюс к годовому плану 245,2 тысяч тонн. Около 40 процентов добываемого угля потребляется в самой Кемеровской области и 60 процентов вывозится в районы Западной Сибири, Урала, центра европейской части страны и на экспорт (страны ближнего и дальнего зарубежья). Кузбасс является основным поставщиком коксующихся углей на Западно-Сибирский, Новокузнецкий, Череповецкий металлургические комбинаты.

Кузбасская энергосистема имеет суммарную мощность 4718 мВт, в ее состав входят 8 электростанций: Томь-Усинская ГРЭС, Беловская ГРЭС, Южно-Кузбасская ГРЭС, Кемеровская ГРЭС, Новокемеровская ТЭЦ, Западно-Сибирская ТЭЦ, Кузнецкая ТЭЦ.

Параллельно с энергосистемой работают две блок-станции: ТЭЦ КМК и Юргинская ТЭЦ. Сетевое хозяйство энергосистемы имеет протяженность ЛЭП всех напряжений 32 тысяч км и 255 подстанций напряжением 35 кВ и выше, которые объединены в четыре предприятия электрических сетей: Восточные, Северные, Южные и Центральные [2, 7].

Север области пересекает Транссибирская железнодорожная магистраль, Южносибирская. Кузбасс имеет прямое железнодорожное сообщение со всеми регионами страны.

### 2.3 Угольная промышленность «Кузбасского угольного бассейна»

Угольная промышленность Кузбасса представляет собой сложный производственно – технологический комплекс, в состав которого входят более 20 различных акционерных обществ (компаний) и отдельных самостоятельных шахт и разрезов. Действующий фонд угледобывающих предприятий Кузбасса представлен 60 шахтами и 36 разрезами.

С 1989 года началось превышение выбытия мощностей угледобывающих предприятий перед вводом, однако, если, начиная с этого времени, добыча угля устойчиво снижалась, то с 1999 год отмечен значительный прирост добычи. В число крупнейших угледобывающих предприятий входят такие как ОАО «ХК Кузбассразрезуголь», ОАО «УК Кузбассуголь», ЗАО «Южкузбассуголь», ОАО «Южный Кузбасс», ЗАО «Шахта Распадская», ООО «НПО Прокопьевскуголь».

Кузбасс является также и металлургической базой. Главный центр черной металлургии – Новокузнецк (завод ферросплавов и два завода полного металлургического цикла). Кузнецкий металлургический комбинат (старейший из комбинатов полного цикла, введенный в строй еще в 1932 году) использует местные руды Горной Шории, Западно-Сибирский металлургический комбинат (основан в 1964 году) получает сырье из Восточной Сибири. На металлургических комбинатах имеются собственные мощности по производству кокса. Но есть еще и коксохимический завод в Кемерово – старейшее производство такого рода в Кузбассе. Металлургический завод есть и в Новосибирске [13, 22].

Цветная металлургия представлена цинковым заводом (Белово), алюминиевым (Новокузнецк) и заводом в Новосибирске, где из дальневосточных концентратов производят олово и сплавы .

Машиностроение района обслуживает потребности всей Сибири. В Кузбассе делают металлоемкое горное и металлургическое оборудование, станки. На базе коксования угля в Кузбассе развивается химическая промышленность, которая производит азотные удобрения, синтетические красители, медикаменты, пластмассы, шины (Новосибирск, Новокузнецк, Томск и другие города).

Важнейшими промышленными центрами Кузбасса являются Новосибирск, Кемерово, Новокузнецк, Ленинск-Кузнецкий. Большая концентрация предприятий угледобычи и углепереработки, черной и цветной металлургии, химии и углехимии, строительной индустрии и машиностроения, объектов теплоэнергетики, железнодорожного и автомобильного транспорта обусловила чрезвычайно высокие техногенные нагрузки в регионе [32].

Это привело к загрязнению атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод, нарушению ландшафта, скоплению большого количества промышленных, в том числе и токсичных отходов, истреблению на больших площадях лесов, деградации фауны и флоры, к высоким уровням заболеваемости и смертности населения.

Трансформация природы в регионе достигла таких пределов, что поставлен вопрос о признании Кузбасса зоной экологического бедствия. Экологические

проблемы стали серьезным тормозом в дальнейшем развитии народного хозяйства области.

Для улучшения экологической обстановки необходимо проводить следующие мероприятия:

- использование водоугольного топлива, которое является жидким экологически чистым энергетическим органическим пожаро и взрывобезопасным, к 15 мая 2008 года летняя котельная ЗАО «Черниговец» будет полностью переведена на использование водоугольного топлива (до этого был сделан пробный запуск);

- использование шахтного метана существует программа «Метан Кузбасса», в соответствии с которой предполагается организовать промышленную добычу метана из угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого;

- использование выработанного подземного пространства, известны многочисленные примеры эффективной и безопасной утилизации техногенных подземных пространств (выработок) – создание музеев горного дела, офисов, товарных баз, хранилищ долгосрочного резерва (для выращивания грибов, лекарственных растений, захоронения промышленных отходов), научно – исследовательских лабораторий и экспериментальных установок;

- применение технологий подземной газификации угля (технология одновременной добычи и переработки угля на месте его залегания).

Кроме того, на территории области действует Государственная экологическая экспертиза – инструмент по предотвращению ненормативного воздействия экологически опасных объектов на окружающую среду, реализуется федеральная программа «Отходы», целевая программа «Оздоровление окружающей среды и населения Кузбасса», областная природоохранная программа [36].

В области природопользования и охраны окружающей среды намечено много задач, среди них:

- продолжение разработки и внедрения экономического механизма охраны окружающей среды, в том числе системы платежей за воздействие на окружающую среду в результате осуществления хозяйственной и иной деятельности;

- развитие государственного экологического контроля на основе межведомственной координации, совершенствование его методов и повышение качества оценки воздействия на окружающую среду в программах и проектах хозяйственной и иной деятельности;

- развитие экологического образования и воспитания, более широкое вовлечение общественных организаций в практическую природоохранную деятельность.

## **2.4 Оценка «Кузбасского угольного бассейна» в топливно-энергетическом комплексе**

Западная Сибирь представляет собой территорию, простирающуюся на 2500 км от Северного Ледовитого океана до сухих степей Казахстана и на 1500 км от



гор Урала до Енисея. Около 80 процентов площади Западной Сибири расположено в пределах Западно-Сибирской равнины, которая состоит из двух плоских чашеобразных сильно заболоченных впадин, разделенных повышенными до 200 метров Сибирскими Увалами. На юго-востоке Западно-Сибирская равнина, постепенно повышаясь, сменяется предгорьями Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау и Горной Шории. Общая площадь Западной Сибири составляет 2,4 миллионов км.

В основании Западно-Сибирской равнины лежит Западносибирская плита. На востоке она граничит с Сибирской платформой, на юге – с палеозойскими сооружениями Центрального Казахстана, Алтая и Салаирско-Саянской области, на западе – со складчатой системой Урала. Северная граница плиты неясна, она покрыта водами Карского моря.

В основании Западносибирской плиты находится палеозойский фундамент, глубина залегания которого составляет, в среднем, 7 км.

Наиболее древние докембрийские и палеозойские горные породы в Западной Сибири выходят на поверхность лишь в горных районах ее юго-востока, в то время как в пределах Западно-Сибирской равнины они скрыты под мощным чехлом осадочных пород. Западно-Сибирская равнина – молодая погружающаяся платформа, скорость и величина погружения отдельных участков которой, а следовательно, и мощность чехла рыхлых отложений, весьма различны.

Образование Западносибирской плиты началось в верхней юре, когда в результате обламывания, разрушения и перерождения огромная территория между Уралом и Сибирской платформой опустилась, и возник огромный седиментационный бассейн [5].

В ходе своего развития Западносибирская плита не раз захватывалась морскими трансгрессиями. В конце нижнего олигоцена море покинуло Западносибирскую плиту, и она превратилась в огромную озерно-аллювиальную равнину.

В среднем и позднем олигоцене и неогене северная часть плиты испытала поднятие, которое в четвертичное время сменилось опусканием. Общий ход развития плиты с опусканием колоссальных пространств напоминает не дошедший до конца процесс океанизации. Эта особенность плиты подчеркивается феноменальным развитием заболоченности.

Остается много неясного и спорного в вопросах о характере, размерах и количестве древних оледенений этой территории. Считается, что ледники занимали всю северную часть равнины к северу от 60 градусов северной широты. Вследствие континентальности климата и небольшого количества осадков ледники на Западно-Сибирской равнине были маломощны, малоподвижны и не оставляли после себя мощных моренных накоплений [34].

Западная Сибирь находится почти на одинаковом расстоянии как от Атлантического океана, так и от центра континентальности Евразии, поэтому ее климат носит умеренно континентальный характер. Зимой и в летнее время, когда циклоническая деятельность, а с ней и поступление атлантического воздуха ослабевают, в Западную Сибирь поступает арктический воздух. Глубокому

проникновению арктических воздушных масс способствует равнинность местности и открытость ее к северу.

Средняя температура января уменьшается от минус 15 градусов на юго-западе до минус 30 градусов на северо-востоке Западной Сибири. Средняя температура июля увеличивается от плюс 5 градусов на севере плюс 20 градусов на юге. Наибольшей континентальностью отличается северо-восток Западной Сибири, где разности средних температур января и июля достигают 45 градусов.

Реки Западной Сибири принадлежат бассейну Карского моря. Самая крупная водная артерия Обь с притоком Иртыш относится к числу величайших рек земного шара. Река Обь образуется при слиянии Бии и Катуня, берущих начало на Алтае, и впадает в Обскую губу Карского моря. Среди рек России она занимает первое место по площади бассейна и третье по водности. В лесной зоне, до устья Иртыша, Обь принимает свои основные притоки: справа – реки Томь, Чулым, Кеть, Тым, Вах, слева – реки Парабель, Васюган, Большой Юган и Иртыш. Наиболее крупные реки севера Западной Сибири – Надым, Пур и Таз – берут свое начало на Сибирских Увалах. Географическое зонирование Западной Сибири охватывает пять природных зон: тундровую, лесотундровую, лесную, лесостепную, степную, а также низкогорные и игорные районы Салаира, Алтая, Кузнецкого Алатау и Горной Шории. Пожалуй, нигде на земном шаре зональность природных явлений не проявляется с такой же правильностью, как на Западно-Сибирской равнине [17].

Тундра, занимающая самую северную часть Тюменской области (полуострова Ямал и Гыданский) и имеющая площадь около 160 тысяч км<sup>2</sup>, не имеет лесов. Лишайниковые и моховые тундры Западной Сибири встречаются в сочетании с гипново-травяными и лишайниково-сфагновыми, а также крупнобугристыми болотными массивами.

Зона лесотундры простирается к югу от тундры полосой примерно от 100 до 150 км. Как переходная зона между тундрой и тайгой она представляет собой мозаичное сочетание участков редколесий, болот, зарослей кустарников. Северный предел древесной растительности представлен редкостойными криволесьями лиственницы, занимающими участки по долинам рек.

Лесная (таежная, лесоболотная) зона охватывает пространство между 66 и 56 градусов северной широты. полосой примерно в 1000 км. В нее входят северная и средняя части Тюменской области, Томская область, северная часть Омской и Новосибирской областей, занимая около 62 процента территории Западной Сибири. Лесную зону Западно-Сибирской равнины подразделяют на подзоны северной, средней, южной тайги и березово-осиновых лесов. Основным типом лесов зоны являются темнохвойные леса с преобладанием ели сибирской, пихты сибирской и сосны сибирской (кедра).

Темнохвойные леса встречаются почти всегда лентами по долинам рек, где они находят условия необходимого для них дренажа. На водоразделах они приурочены только к холмистым, возвышенным местам, а плоские территории заняты преимущественно болотами. Важнейший элемент ландшафтов тайги – болота низинного, переходного и верхового типа. Лесистость Западной Сибири

составляет всего 30.5 процента и является следствием слабой расчлененности и связанной с ней слабой дренированности всей территории региона, что способствует развитию не лесообразовательных, а болотообразовательных процессов на всей площади таежной зоны. Западно-Сибирская равнина характеризуется исключительной обводненностью и заболоченностью, ее средняя и северная части относятся к одним из самых переувлажненных пространств на земной поверхности.

Самые крупные в мире болотные массивы (Васюганский) расположены в южной тайге. Наряду с темнохвойной тайгой на Западно-Сибирской равнине встречаются сосновые леса, приуроченные к песчаным наносам древних аллювиальных равнин и к песчаным террасам вдоль речных долин.

Кроме того, в пределах лесной зоны сосна является характерным деревом сфагновых болот и образует своеобразные ассоциации сфагновых сосняков на заболоченных почвах. Лесостепная зона, примыкающая к подзоне лиственных лесов лесной зоны, характеризуется присутствием и лесных, и степных растительных сообществ, а также болот (рямов), солончаков и лугов.

Древесная растительность лесостепной зоны представлена березовыми и осиново-березовыми лесами, которые встречаются островками или в виде колков, приуроченных обычно к блюдцеобразным понижениям, основной же фон образует луговая и разнотравно – злаковая степь.

Только в Притоболье и Приобье этой зоны распространены естественные островные сосновые леса. Характерной чертой лесостепи Западной Сибири является гривно-лощинный рельеф и обилие соленых бессточных озер.

Степная зона охватывает южную часть Омской и юго-западную часть Новосибирской областей, а также западную часть Алтайского края. В нее входят Кулундинская, Алейская и Бийская степи. В пределах зоны по древним ложбинам стока ледниковых вод произрастают ленточные сосновые боры.

Значительная высота гор Западной Сибири обуславливает развитие здесь высотной поясности. В растительном покрове гор Западной Сибири ведущее положение занимают леса, покрывающие большую часть площади Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау и около 50 процентов территории Алтая. Высокогорный пояс отчетливо развит только в горах Алтая. Леса Салаира, Кузнецкого Алатау, северо-восточной и западной частей Алтая характеризуются широким развитием реликтовой формации черневой тайги, которая встречается только в горах юга Сибири. Среди черневой тайги в бассейне река Кондомы расположен реликтовый липовый остров – участок липового леса площадью около 150 км<sup>2</sup>, рассматриваемый как остаток третичной растительности.

Основной причиной бедности флоры и фауны Западной Сибири чаще всего считают последствия плейстоценового оледенения, бывшего на ее территории наиболее опустошительным, а также отдаленность горных рефугиумов, питающих миграционный поток в голоцене [19].

На территории Западной Сибири расположены Тюменская, Томская, Омская, Новосибирская, Кемеровская области, а также части Курганской, Челябинской и Свердловской областей и Алтайского и Красноярского краев. Самый крупный

город Западной Сибири – Новосибирск (1,5 миллионов жителей) расположен на реке Обь. Хозяйственное использование (добыча ресурсов, лесная промышленность).

Наиболее развитыми отраслями промышленности на территории Западной Сибири являются добывающая (добыча нефти, газа, каменного угля) и лесная. В настоящее время Западная Сибирь дает свыше 70 процентов общероссийской добычи нефти и природного газа, около 30 процентов добычи каменного угля, около 20 процентов заготавливаемой в стране древесины [8].

На территории Западной Сибири в настоящее время действует мощный нефтегазодобывающий комплекс. С мощной толщей осадочных пород Западно-Сибирской равнины связаны крупнейшие месторождения нефти и природного газа. Площадь нефтегазоносных земель составляет около 2 миллионов км<sup>2</sup>.

Лесо болотные ландшафты, до 1960 годов совершенно не тронутые промышленным освоением и практически не изученные, на сотни километров рассечены трубопроводами, дорогами, ЛЭП, усеяны буровыми площадками, замазучены разливами нефти и нефтепродуктов, покрыты гарями и вымоченными лесами, появившимися в результате применения устаревших технологий добычи и транспортировки нефти и газа. Следует учесть, что Западная Сибирь, как ни один другой в мире регион, изобилует реками, озерами и болотами. Они способствуют активной миграции химических загрязнений, поступающих в реку Обь из многочисленных источников, которая выносит их в Обскую губу и далее в Ледовитый океан, подвергая опасности разрушения экосистемы, удаленные от районов нефтегазового комплекса [20].

В отличие от Западно-Сибирской равнины Кузнецкая горная область выделяется запасами каменного угля: Кузнецкий бассейн каменных углей составляет 40 процентов промышленных запасов углей страны. Основные центры добычи - города Ленинск-Кузнецкий и Прокопьевск.

## 3 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЯ

### 3.1 Объекты исследования

Объектом исследования являлась шахта Первомайская.

Первомайское месторождение это единственное угольное месторождение, расположенное в Кузбассе. Запасы прогнозируются в 250 миллионов тонн. Уголь на данном месторождении добывается открытым методом.

Поле шахты «Первомайская» размещено в северо-восточной части Кемеровского района, на Березово-Бирюлинском месторождении и южную часть геологического участка.

В районе шахты «Первомайская» и других компаний Березо-Бирюлинского месторождения имеется отлично развитая сеть дорог. Непосредственно по полю шахты проходит трасса, которая связывает город Березовский и Анжеро-Судженск.

Шахта связана железной дорогой со станцией примыкания «Бирюлинская».

Рельеф района представляет всхолмленную равнину. Поверхность поля шахты покрыта лесами и расчленена речками.

### 3.2. Методы исследования

Основным методом определения многочисленных показателей являются разного вида лабораторные анализы и испытания проб, отобранных в пласте, в добытой угольной массе, в отгружаемой и потребляемой продукции угледобычи и обогащения.

Испытания включают определения ряда физико-механических свойств, а также термическое и другие виды воздействия, которые моделируют процесс переработки и использования угля.

Номенклатура и методы определения основных квалиметрических характеристик угля регламентируются зольностью  $A_d$ , влажностью,  $W$  теплотой сгорания  $Q$ , плотностью  $d_{\gamma}$ , выходом летучих веществ  $V_{daf}$ , содержанием серы, показателем спекаемости, коксующестью  $y$ ,  $R_j$  и другие. Кроме того для количественного исследования угля использовали следующие показатели угля обогатимостью, петрографический, марочный и элементный состав и свойства золы, содержание фосфора, редких элементов. Главные промышленно-потребительские свойства определяют в результате технического анализа угля, элементным анализом устанавливают химический состав органической массы, для бурых углей дополнительно проводят групповой анализ. Виды анализов и испытаний углей стандартизированы.

Для проведения лабораторных работ отбирают пробы в соответствии с требованиями стандартов. Для характеристики угля в естественном залегании осуществляется забойное (пластовое) опробование, для угля, добываемого по принятой системе и технологии эксплуатации месторождения, –

эксплуатационное опробование, для угля, отгружаемого потребителю, – товарное опробование [25].

По методу испытания и анализа проб опробование подразделяется на химическое, технологическое (заводское), петрографическое, геофизическое, по способу отбора проб – на бороздовое, точечное в виде штуфов и горстей (порций), валовое, задиговое, керновое и опробование шлама скважин.

Пластовые пробы отбирают, по ГОСТ 9815–75, как пластово-дифференциальные и пластово-промышленные. В первом случае определяют золу и плотность угольных пачек и породных прослоев, во втором – основные показатели качества и свойств всего пласта в совокупности его составляющих. Пробы отбирают одновременно и используют для взаимного контроля. Для сложноструктурных мощных пластов на открытых разработках допускается отбирать только пластово-промышленные пробы. По результатам пластово-дифференциального опробования, по зольности, плотности, мощности пачек и прослоев вычисляют пластовую зольность как средневзвешенную величину.

Среднепластовые показатели качества и свойств зависят в первую очередь от количественного соотношения угольных пачек и породных прослоев, определяемого их мощностью. При выделении пачек и прослоев руководствуются регламентирующими требованиями. Макроскопически отличимые породные прослой мощностью менее 1 см относятся к контактирующей угольной пачке. Пачки угля, отделенные от основного пласта породой, относятся к пласту, если мощность породы не превышает мощность угольной пачки, а пластовая зольность не превышает кондиционный уровень.

При подземной разработке мощность пачек, отделенных от основного пласта, может быть меньше кондиционного значения. Если мощность междупластья не позволяет вести отдельную выемку пластов, то они считаются сближенными и обрабатываются совместно валовым способом.

Для крупных месторождений и для бассейнов установлены кондиции, лимитирующие минимальную мощность и предельный уровень качества, которые используют при подсчете запасов и решении вопросов отработки угольных пластов.

Эксплуатационные пробы отбирают в течение определенного времени добычного процесса в забое или на участке с потока угольной массы, они содержат большое количество угольного материала, необходимого для технологических испытаний в заводских условиях.

Товарные пробы характеризуют уголь как товарную продукцию, отправляемую потребителю для непосредственного использования или обогащения.

Наибольшее распространение при изучении угля получило бороздовое и керновое опробование. Отбор угля производится из борозды прямоугольного или клиновидного сечения с использованием подручных средств и малой механизации (отбойного молотка, угольной пилы) или специальных механизмов, пригодных для работы на открытых разработках.

Керновая проба содержит весь материал керна. Как исключение, при проведении специальных исследований керна, в пробу отбирается половина керна, расколото по оси.

Обработка (разделка) материала проб производится для приготовления лабораторных проб путем дробления, перемешивания и сокращения. Уголь измельчается до 3 мм и испытывается на влажность. Из этого материала изготавливают аналитические пробы, измельченные до 0,2 мм. Отобранные из них навески используют для анализов разных видов. Все виды лабораторных анализов и испытаний стандартизированы.

Для контроля бороздового, точечного и кернового опробования используют более представительные виды анализа: задирковое и валовое опробование, проводимое в горных выработках, в том числе на интервале подсечения разведочной скважины. Контроль лабораторных анализов проводится путем параллельного анализа навесок и зашифрованных дубликатов, а также внешним контролем в другой лаборатории. Методы контрольных анализов установлены специальными нормативными документами.

Геофизические методы оценки качества и свойств применяют при наличии надежных корреляций соответствующих показателей и геофизических параметров. Эти методы получили распространение при скважинной разведке и на обогатительных фабриках и хранилищах при использовании специальных установок и приборов, определяющих обычно зольность, влажность и плотность.

Технический анализ включает определение показателей, предусмотренных техническими требованиями для различного использования угля: содержание влаги, золы, серы, летучих веществ, теплоты сгорания. В

данной последовательности производится анализ проб. При сокращенном техническом анализе определяют влажность, зольность и выход летучих.

Влажность как доля естественной влаги в массе угля определяется высушиванием образца или пробы и геофизическим путем. Навеска угля высушивается при температуре от 105 до 110 градусов, пар улавливается различными способами (ГОСТ 11056–77). По ГОСТ 11014–81 оценивают потерю массы при высушивании образца, доводя ее до постоянного значения за определенный отрезок времени.

Для плотных углей влажность определяется взвешиванием влажного и высушенного образцов и вычисляется по формуле:

$$W = \frac{100(G_1 - G_2)}{G_2}, \quad (1)$$

где  $G_1$  – вес влажного угля,

$G_2$  – вес высушенного угля.

Разваливающиеся угли помещают в бюксу, масса которой известна, после чего взвешивание до и после высушивания осуществляется вместе с бюксой.

$$W = \frac{100(G_1 - G_2)}{(G_2 - G_e)}, \quad (2)$$

где  $G_e$  – масса бюкса.

Методы определения массовой доли разных видов влажности  $W_{tr}$ ,  $W_{ex}$ ,  $W_h$  предусмотрены ГОСТ 27314–91. Внешняя (поверхностная) влага  $W_{ex}$  определяется как разность между максимальной влагоемкостью и общей влагой.

Максимальную влажность  $W_{max}$  определяют следующим образом. Раздробленную до 3 мм пробу насыщают водой, фильтруют для удаления поверхностной воды и прессованием отжимают влагу, количество которой измеряют.

Влажность воздушно-сухого угля является гигроскопической и определяется доведением массы навески до постоянного значения при температуре воздуха 20 градусов и влажности 60 процентов (ГОСТ 8719–90). Гидратная и пирогенетическая влага внутренней структуры органического и минерального вещества определяется при высокотемпературном разложении угля. Поэтому эта влага не участвует в определении общей влажности  $W_t$  и ее составляющих.

В окисленных каменных и в бурых углях общая и максимальная влажность отличаются. Это отличие зависит от количества минерального материала (золы). Чтобы иметь сопоставимые результаты, определение  $W_{tr}$  необходимо проводить в пересчете на одинаковую зольность 15 процентов.

Для устранения влияния зольности на влажность бурых углей осуществляется пересчет влажности на беззольное топливо:

$$W_e = 100W_r / (100 - A_d) \quad (3)$$

По значению  $W_e$  проводится классификация бурых углей.

Для оценки слеживаемости и смерзания отбитого угля определяется показатель водопоглощения. Он характеризуется относительным количеством воды, которую поглощает сухой образец за определенное время. Точность оценки влажности при параллельном определении плюс минус 0,5 процентов.

Основой геофизического метода определения влажности (ГОСТ 11056–77) являются электрические свойства сухого и влажного угля. С помощью влагомера для пробы, помещенной в конденсаторный датчик, измеряется емкость и диэлектрическое сопротивление или проницаемость [38].

Водо- и газопроницаемость – это способность вещества при определенном перепаде давления пропускать через себя жидкость или газ.

Проницаемость оценивается по закону Дарси, по линейной скорости фильтрации, определяемой с помощью прибора пермиметра и равной отношению объемного расхода жидкости к площади фильтрации с учетом градиента давления.

Методика определения этих показателей и их использование подробно освещены в работах по гидрогеологии и нефтегазовой геологии.

Зольность – это отношение массы золы после сгорания угля к единице массы пробы (навески). Испытания проводятся медленным и ускоренным озолением и геофизическими методами с помощью приборов золомеров, фиксирующих отраженные или рассеянные рентгеновские или гаммаизлучения порошкообразного материала или угольной массы на конвейерной ленте.

При наиболее распространенном методе полного сжигания с полным доступом воздуха и с прокаливанием неорганического остатка происходит разложение



вещества и удаляется гидратная влага, диоксид углерода, сернистый ангидрид, хлориды. Поэтому содержание золы всегда примерно на 15 процентов меньше содержания в угле минеральных примесей.

Химический состав золы, зависящий от минерального состава негорючей массы угля, определяет важные ее свойства: температуру плавления, шлакуемость и абразивность.

Эти свойства влияют на технологию использования угля и золы. Методика определения химического состава золы регламентирована ГОСТ 10538–87. Основным показателем отмеченных свойств является температура спекания, плавления и другого состояния образца (пробы) золы, подвергаемого нагреванию в различной среде (ГОСТ 2057–94).

Сернистость как относительная масса общего количества серы определяется при сжигании углей при температуре 115 градусов путем улавливания образовавшихся сернистых соединений: газов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), выпавших осадков и сернистой кислоты (ГОСТ 2059–95, ГОСТ 8606–94). Содержание органической серы оценивается химическим путем при элементном анализе количества **С, Н, О**. Дифференцированное определение разновидностей серы (пиритной, органической, сульфатной) практикуется для высокосернистых углей.

Для дистанционного определения мощности используют геодезические дальнометры, специально созданные высотомеры и упрощенную фотограмметрическую съемку.

Мобильным и достаточно точным способом является крупномасштабная съемка откосов любительскими фотокамерами. Методика, разработанная ВНИМИ, предусматривает минимизацию искажений изображения пласта, которыми обладает снимок как центральная проекция неровной поверхности откоса. Точность и простота измерений по фотоснимку повышаются при съемке цифровыми камерами и обработке на компьютере.

Фототон (оптическая плотность) изображения угольных пачек и породных прослоев отражает литотип и зольность угля. Установлена корреляция фототона, зольности, а также фотометрических показателей разных углей, полученных в лаборатории и в натуре, в массиве.

Показатели фотометрии углей разного состава и зольности, а также метрические возможности крупномасштабного фотоизображения пласта сложного строения позволяют исследователям оперативно определять среднепластовую зольность с достаточной точностью, не прибегая к трудоемким и опасным работам по опробованию откосов.

Методы исследования углей – (петрографические, химические и физические) включают различный комплекс характеристик в зависимости от задач исследования. При любой направленности последних первым этапом является углепетрографическое и частично физическое изучение, по данным которых вместе с результатами технического и элементарного анализа устанавливаются степень углефикации и генетический тип угля.

Эти данные ориентируют относительно возможностей промышленного использования угля. Для бурых и низших стадий каменных углей определяют

теплоту сгорания, выход и состав продуктов полукоксования, а в случае землистых бурых углей – также выход и состав монтанвоска. Для каменных углей от газовых до отощенно спекающихся определяются спекаемость, вспучиваемость, пластометрические показатели, свойства кокса. Для тощих углей, полуантрацитов и антрацитов основные технологические характеристики – теплота сгорания и электропроводность (для антрацитов).

Теоретические исследования угольного вещества проводятся методами углепетрографии, углехимии и физики.

В части химических помимо основных перечисленных выше показателей для бурых углей включаются определение содержания и характеристика гуминовых кислот и остаточного угля, для бурых и каменных углей – определение функциональных групп, группового состава, изучение с помощью различных органических растворителей и при различных температурах, с помощью гидролитического расщепления, применяется характеристика углей методами рентгеноскопии, инфракрасной и ультрафиолетовой спектроскопии, люминесцентного анализа, электронной микроскопии, парамагнитного и ядерно-магнитного резонанса, термографии, окисления и гидрогенизации.

Перечисленные химические и физические методы исследования угля позволяют осветить молекулярную структуру угольного вещества.

### **3.3 Нормативная база, используемая для исследования угля**

В Приложение Б (таблица Б.1) представлен перечень стандартов, необходимых для исследования угля.

Для исследований был использован длиннопламенный уголь (марка Д). Длиннопламенный уголь отличается свойством горения длинным пламенем, но процесс сгорания данного угля происходит гораздо дольше, чем другие марки.

Крупность угля используемого для эксперимента варьируется от 0 до 300.

Уголь марки Д был исследован в соответствии с государственными стандартами качества. Номенклатура и методы определения основных квалитетических характеристик угля регламентируются ГОСТами, представленными в таблице 1.

### **3.4 Оборудование, необходимое для исследования угля**

Для исследования угля необходимо наличие специальных инструментов. В таблице 4.2 представлен список используемого оборудования.

Таблица 4.2 - Используемое оборудование для исследования угля

Наименование	Серия/инвентаризационный номер
Сушильный шкаф	ШС-80-01 СПУ Инв. №14892
Весы электронные аналитические	CASAD-05H(2500г/0.5), №11213695

Окончание таблицы 4.2

Аппарат для определения максимальной влагоёмкости	б/н
Муфельная печь	СНОЛ–1,6.2,5./10–И4М, Инв.№1502,1520,1519
Трубчатая печь	Prufer, мод2/3x30,сер.№11432
Микропроцессорный бомбовый калориметр	С200 ИКА–Германия,сер.№01781460

Влажность характеризуется относительным количеством воды, теряемой при разных видах высушивания до получения постоянной массы. В отличие от других показателей качества и свойств влажность зависит от условий опробования и методов определения.

Повышенная влажность снижает теплотворную способность угля, осложняет технологию подготовки, переработки и обогащения, удорожает перевозку угля, так как вода является балластом.

Внешняя и свободная вода на кусках обуславливает слеживаемость угольной массы в штабелях и бункерах, а также слипаемость угольной мелочи. Высоковлажные бурые угли нуждаются в брикетировании с отжатию влаги. Рабочая влажность является классификационным критерием промышленной ценности бурых углей.

## 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УГЛЯ

### 4.1 Основные характеристики свойств угля

При характеристике промышленных свойств углей различают несколько видов влажности. Свободная (поверхностная, избыточная) влага стекает с внешней поверхности кусков и вызвана переувлажнением и недостаточным дренированием разрабатываемого пласта. Влага внешняя теряется при воздушно-сухом состоянии угля.

Внутренняя влага остается в угле после высушивания в воздушно-сухих условиях (влага воздушно-сухого угля).

Общая влага состоит из внешней и внутренней влаги. Максимальная влагоемкость характеризует влажность полностью водонасыщенного угля (без учета свободной, поверхностной влаги) и зависит от петрографического состава, пористости и метаморфизма угля.

В каменных углях и антрацидах влажность соответствует естественной влажности в массиве и считается влажностью угля в рабочем состоянии.

Последняя характеризует влажность угля, отгружаемого потребителю, и является важной характеристикой теплотехнических свойств. Влажность аналитическая (лабораторная) определяется количеством влаги в анализируемой воздушно-сухой пробе.

Зольность – важный показатель промышленного использования угля, ибо зола является балластом, замедляющим процесс горения и осложняющим технологию сжигания и обслуживания топок.

Увеличенное количество золы за счет породы, минеральных агрегатов и зерен требует специальной обработки – обогащения угля. Пластовая зольность отражает зольность угольных пачек и породных прослоев в пределах вынимаемой мощности пласта, эксплуатационная зольность характеризует зольность угольной массы, содержащей вмещающие породы, вовлеченные в добычу при эксплуатации угольного пласта.

Свойства золы во многом определяются ее составом при преобладании оксидов алюминия, кремния, железа, кальция, глинистого и другого материала. Глинистые компоненты затрудняют горение, а повышенное количество соединений натрия и кальция приводит к увеличению шлакования и коррозии топок и котлов.

Алюмосиликатный состав золы коксующихся углей требует дополнительного количества флюсового материала, в то же время оксиды железа, магния, кальция улучшают качество металлургического кокса.

Температура плавления, шлакуемость, абразивность золы определяют технологию использования угля и золы как дополнительного сырья. Температура плавления зависит от кремнистого модуля – соотношения количества  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Выход летучих веществ – это относительное количество газов и пара, образующихся при разложении угля от нагревания без доступа воздуха. Летучие

представлены газами  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , углеводородами, сернистым газом, паром и др. Количество и состав летучих веществ зависит от петрографического состава, степени углефикации и первичной восстановленности, от количества и состава минеральных примесей.

Последние (особенно карбонаты, сульфиды) при термическом воздействии разлагаются и выделяют углекислоту, сернистый газ, пар и другие газообразные продукты, которые искажают газовые составляющие органической массы. Поэтому для классификации и сравнительного анализа испытанию подвергаются пробы с  $A_d$  меньше или равно 10 процентам.

Выход летучих, рассчитанный на горючую массу, является основным классификационным параметром ископаемых углей по маркам и используется для оценки степени метаморфизма.

Высокий выход летучих (75 процентов) характерен для сапропелевых углей, наименьший – для фюзенитовых разностей. Более восстановленные угли всех степеней метаморфизма отличаются повышенным выходом летучих.

Сернистость – отрицательная характеристика качества угля, так как сера – вредная примесь.

Сера, представленная сульфидными, сульфатными и органическими соединениями, при сжигании углей выделяется в виде газов  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . В результате загрязняется окружающая среда, корродируются топки. Нелетучие соединения серы при коксовании остаются в коксе и снижают его качество. При превышении нормы серы в коксе на 1 процент производительность доменной печи снижается на 2 процента.

В то же время в слабометаморфизованных гелитолитовых углях Иркутского бассейна повышенное содержание серы приводит к повышению их спекаемости. Сернистость энергетических углей в пересчете на массу с низшей теплотой сгорания (1000 ккал/кг) не должна превышать 1 процент.

Содержание общей серы – основная характеристика сернистости угля и лимитируется в зависимости от промышленного использования угля. Для обеспечения высоких требований к сернистости осуществляется обессеривание углей физическим и химическим обогащением.

Физическим путем удаляется от 10 до 60 процентов сульфидной серы в зависимости от вида проявления соответствующей минерализации. Наиболее перспективны химические и бактериологические виды обогащения.

Теплота сгорания углей – количество тепла, выделяемое при полном сгорании единицы их массы. Обычно единицей теплоты сгорания служит ккал/кг.

Теплота сгорания является основным показателем теплотехнических свойств и классификационным критерием углей невысокой степени углефикации, которые служат главным энергетическим сырьем.

Теплота сгорания зависит от петрографического состава и особенно от степени метаморфизма, определяемой изменением содержания С и Н.

Отрицательное влияние на промышленную ценность угля оказывает сера, мышьяк, хлор, фосфор.

В данном исследовании показатели содержания хлора и мышьяка соответствуют нормативным стандартам, исходя из этого можно сделать вывод, что данная марка угля наиболее безопасна для окружающей среды.

## 4.2 Результаты исследования длиннопламенного угля

Для исследования был выбран образец, добываемый на шахте Первомайская Кузбасского угольного бассейна, а именно длиннопламенный уголь марки Д, который классифицируется на следующие сорта: ДО, ДР, ДОМСШ.

Каждой сортомарке соответствует свое нормативное значение принятое государственным стандартом Российской Федерации, принятые федеральным органом по стандартизации в области добычи угля и полезных ископаемых.

В таблице 4.3 в процентном соотношении представлено содержание общей влаги в каменном длиннопламенном угле марки Д сортомарки разных видов.

Из таблицы видно, что содержание уровня влаги во всех образцах превышает нормативные значения. Это связано со степенью окисляемости, а также со зрелостью угля.

Кроме того равновесная влага меняется в зависимости от температуры и влаги окружающей среде.

Таблица 4.3 – Содержание общей влаги в каменном угле разных марок

в процентах

Сортомарка угля	Характеристика	Крупность	Метод испытания	Норма	Результат исследования
Длиннопламенный (ДР)	рядовой	0–300 мм	ГОСТ 1104–2001	15	17,5
Длиннопламенный (ДОМСШ)	Рассортированный	0–50 мм		16,5	18,5
Длиннопламенный (ДО)	Рассортированный	25–50 мм		14	15,1

Так как в районе Кузбасского угольного бассейна достаточно высокая влажность воздуха, как в летний так и зимний период, содержание влаги в угле превышает нормативное значение. Данный показатель свидетельствует о плохой спекаемости, но несмотря на это уголь марки Д можно использовать в энергетической отрасли, в бытовой сфере, а также в химической отрасли, для формования кокса.

На рисунке 4.1 представлен график процентного соотношения длиннопламенного угля марки Д трех сортов. Самым высоким показателем общей влаги обладает рассортированный уголь марки Д, сорта ДОМСШ,

крупность которого не превышает 50 мм. По результатам проведенного исследования содержание общей влаги в данном сорте превышает нормативный показатель на 2 процента.

Если анализировать отклонения от нормативных значений угля разных сортов, то самое большое расхождение наблюдается в сорте ДР.

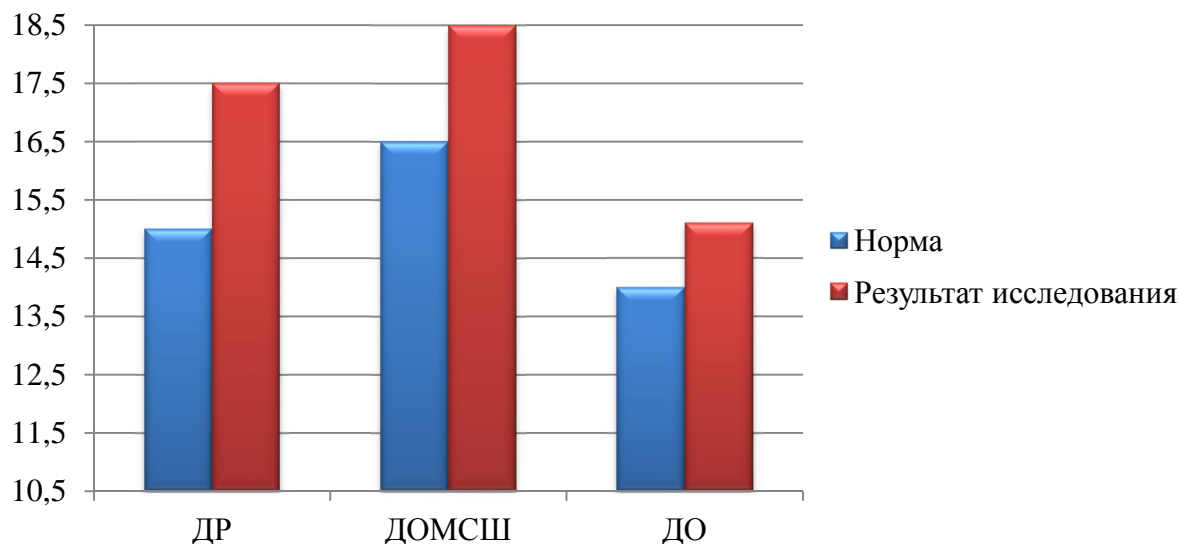


Рисунок 4.1 – Содержание влаги в угле разных сортмарок, в процентах

Важным компонентом в угле является содержание золы. Показатель зольности характеризует наличие в угле минеральных компонентов, то есть количество твердых веществ оставшихся после сжигания угля. Из таблицы 4.4 можно наблюдать тенденцию отклонения в меньшую сторону результата исследования от нормативных показателей двух сортов длиннопламенного угля марки Д.

Таблица 4.4 – Содержание золы в каменном угле разных марок

Сортмарка угля	Характеристика	Крупность	Метод испытания	в процентах	
				Норма	Результат исследования
Длиннопламенный (ДР)	рядовой	0–300 мм	ГОСТ 11022–95	10	10,6
Длиннопламенный (ДОМСШ)	рассортированный	0–50 мм		12,5	9,5
Длиннопламенный (ДО)	рассортированный	25–50 мм		9	8,5

При сжигании угля часть веществ улетает с дымовыми газами, а часть спекается в шлак, таким образом большой показатель зольности характеризует плохое качество угля. Для угля используемого в энергетической отрасли высокая

зольность означает низкую теплоту сгорания. Все из представленных сортмарок длиннопламенного угля можно использовать в энергетических целях, так как результат исследования варьируются в пределах от 8,5 до 10,6 процентов, что соответствует стандартам.

На рисунке 4.2 представлено соотношение золы угля разных сортов. Показатели образцов ДОМСШ и ДО не превышают нормативные значения, а содержание золы в сорте ДР, наоборот, превышает нормативный показатель в незначительной степени.

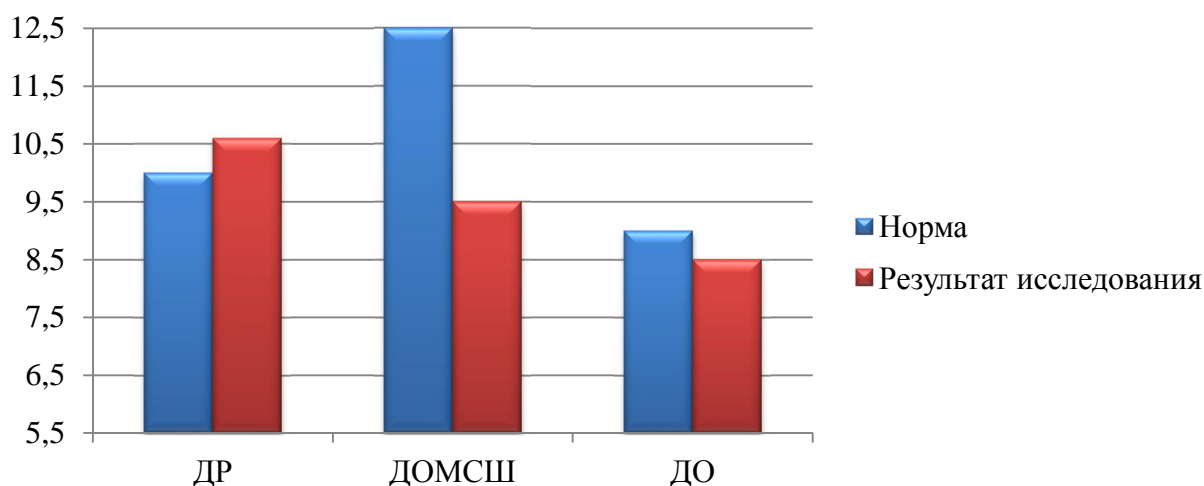


Рисунок 4.2 – Содержание золы в угле разных сортмарок, в процентах

В таблице 4.5 в процентном соотношении представлен выход летучих веществ длиннопламенного угля разных сортмарок. Из таблицы видно, что процентные значения угля марок ДР и ДОМСШ не превышают нормативные значения. Уголь марки ДО на 3,4 процента превышает нормативный показатель выявленный в соответствии с государственным стандартом.

Таблица 4.5 – Выход летучих веществ в угле разных марок

Марка угля	Характеристика	Крупность	Метод испытания	в процентах	
				Норма	Результат исследования
Длиннопламенный (ДР)	рядовой	0–300 мм	ГОСТ 6382–2001	39	38,2
Длиннопламенный (ДОМСШ)	рассортированный	0–50 мм		43,3	40,3
Длиннопламенный (ДО)	рассортированный	25–50 мм		39,0	42,4

Доля выхода летучих веществ в общей массе определяет на сколько уголь термически устойчив. От этого показателя зависит количество тепловой энергии,



которую можно получить от сжигания угля. Чем меньше выход летучих веществ, тем больше тепла, а следовательно, и больше пользы можно получить от промышленного использования данного угля.

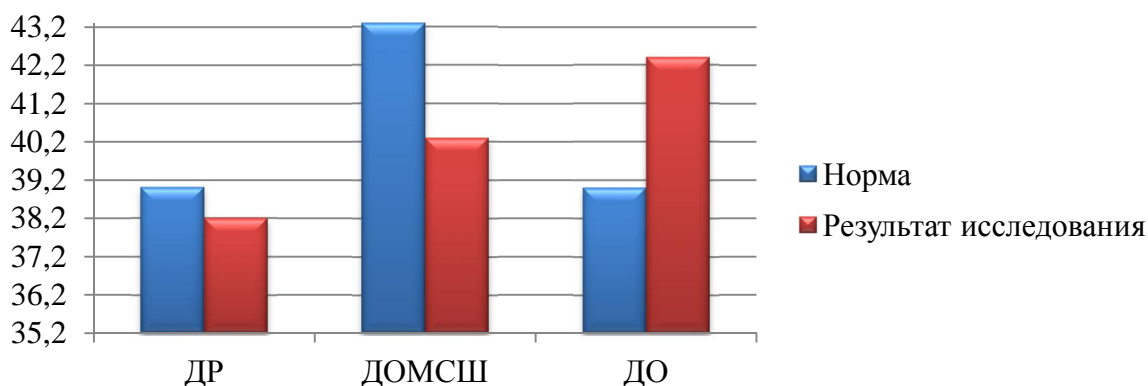


Рисунок 4.3 – Выход летучих веществ в угле разных сортов марок, в процентах

В таблице 4.6 представлено низшая и высшая теплота сгорания длиннопламелного угля марки Д сорта марки разных видов. Под высшей теплотой сгорания понимают количество теплоты, которые выделяется при полном сгорании топлива. Низшая теплота сгорания, это количество теплоты, которая выделяется при полном сгорании, но без учета теплоты конденсации водяного пара. Под высшей теплотой сгорания понимаю количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании топлива, включая конденсацию водяных паров.

Из таблицы видно, что количество низшей теплоты сгорания значительно превышает нормативные показатели, это означает, что влажность и зольность в данных марках, также превышают норму. Высшая теплота сгорания также превышает норму. Это говорит о том, что большее количество минеральных компонентов входит в состав угля марок Д, благодаря природному процессу структурно-малекулярному преобразованию органического угля.

Таблица 4.6 – Теплота сгорания в угле разных марок

в калл/кг и МДж/кг

Марка угля	Характеристика	Крупность	Метод испытания	Норма		Результат исследования	
				Высшая	Низшая	Высшая	Низшая
Длиннопламелный (ДР)	рядовой	0–300 мм	ГОСТ 147–95	6880 7510	5400 5500	7474 31,24	6011 25,12

Окончание таблицы 4.6

Длиннопла- мельный (ДОМСШ)	Рассортиро- ванный	0–50 мм		6880 6700	5490 5150	7466 31,26	5226 21,88
Длиннопла- мельный (ДО)	Рассортиро- ванный	25–50 мм		6870 7505	5450 5550	7505 31,37	5532 23,12

Теплота сгорания является одной из основных показателей качество энергетического топлива. Этот показатель главным образом определяет цену топлива. Из графика 4.4 наглядно видно, что показатели превышают нормативные значения, это объясняется тем, что содержание в угле марки Д углерода выше, а содержание кислорода ниже.

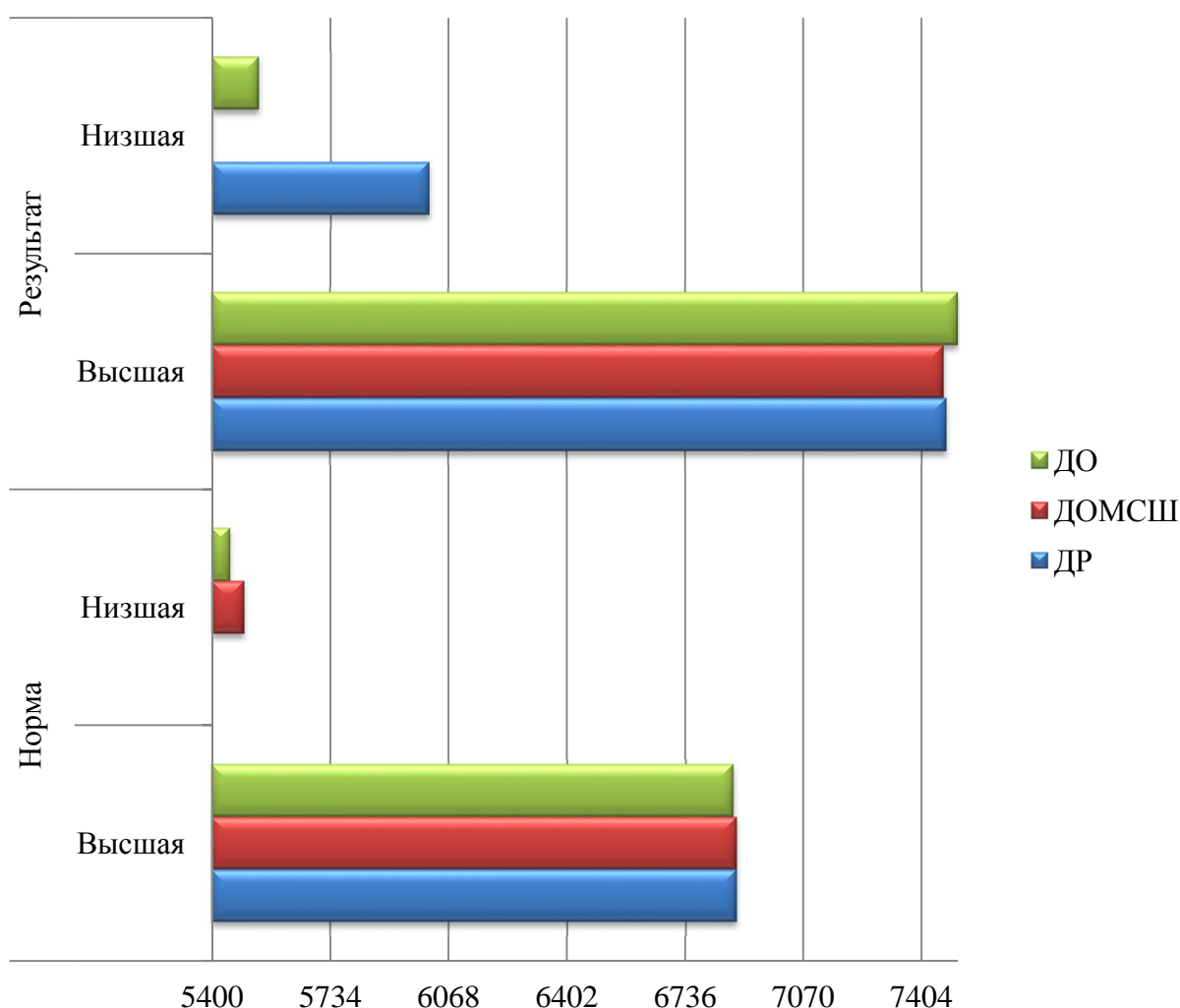


Рисунок 4.3 – Теплота сгорания угля разных сортов марок, в процентах

Сера содержится во всех видах твердого топлива, причем содержание общей серы в углях колеблется в основном от 0,2 до 10 процентов.

Содержание хлора в углях колеблется, в основном, в пределах от 0,015 до 0,15процентов.

Мышьяк в углях находится в составе органических соединений, а также в составе пиритов и марказитов. Мышьяк является токсичным элементом, загрязняющим окружающую среду при сжигании угля, и технологически вредным элементом при производстве кокса.

Таблица 4.7 – Содержание серы, хлора, мышьяка в угле разных марок, в процентах

Марка угля	Характеристика	Крупность	Метод испытания			Норма			Результат		
			Сера	Хлор	Мышьяк	Мышьяк	Сера	Хлор	Мышьяк	Сера	Хлор
Длиннопла- мельный (ДР)	рядовой	0–30 0 мм	ГОСТ 8606	ГОС Т 9326	ГОСТ 10478	0,0003	0,6	0,02	0,0003	0,29	0,04
Длиннопла- мельный (ДОМСШ)	рассорти- рованный	0–50 мм				0,0003	0,03	0,03	0,0003	0,5	0,03
Длиннопла- мельный (ДО)	рассорти- рованный	25–5 0 мм				0,0003	0,7	0,04	0,0003	0,33	0,04

Содержание серы марки ДР и ДО соответствует норме. То есть при сгорании является менее токсичным. Что нельзя сказать про сорт ДОМСШ.

Содержание мышьяка соответствует государственным стандартам. Мышьяк является технологически вредным элементом, а при сжигании угля с высоким его содержанием загрязняет окружающую среду. Хлор в угле относится к промышленным вредным элементом, вызывающим коррозию аппаратуры при энергетическом и технологическом использовании углей. Сжигание углей при содержании 0,3% крайне затруднительный процесс. Таким образом можно утверждать, что представленные сорта марки Д являются наиболее качественными.

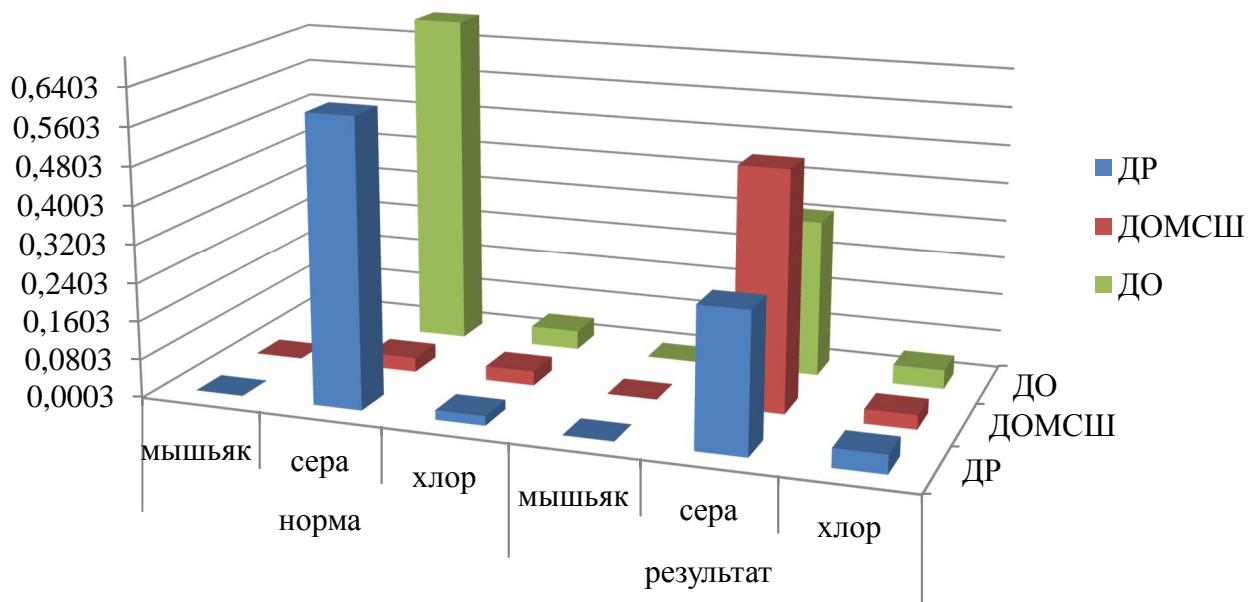


Рисунок 4.4. Содержание серы, хлора, мышьяка сортомарок, в процентах

Исследования показали, что длиннопламелные угли с не высокой зольностью смогут служить хорошим сырьем для производства синтетического жидкого топлива, а также химических продуктов. Марка угля Д может гореть без поддува, это особенность позволяет использовать уголь в котельных. Данный уголь применяется для отопления домов, дач и всевозможных помещений используемых в бытовых целях. Благодаря своей дешевизне и способности быстро возгораться при естественной тяге длиннопламелный уголь до сиз пор используют для обогрева домов, где недоступны другие источники энергии.

## **5 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

### **5.1 Основные экологические проблемы переработки**

К числу экологических проблем, могущих возникнуть в связи с реализацией проектов в области переработки угля, относятся:

- выбросы в атмосферу;
- сточные воды;
- опасные материалы;
- отходы;
- шум;
- выбросы в атмосферу.

Неорганизованные выбросы твердых частиц и газов Основными источниками выбросов на предприятиях по переработке угля являются источники неорганизованных выбросов твердых частиц (ТЧ), летучих органических соединений (ЛОС), монооксида углерода (СО) и водорода. Значительный объем неорганизованных выбросов ТЧ угля может приходиться на работы по перегрузке, хранению и обогащению угля. В целях предотвращения и ограничения Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда неорганизованных выбросов ТЧ угля в атмосферу рекомендуется, в частности: При планировке предприятия или объекта исходить из необходимости способствовать ограничению выбросов и сократить число мест перегрузки угля. Использовать погрузочно-разгрузочное оборудование для минимизации высоты сброса угля при его укладке в штабель. Использовать спринклерное оборудование и/или полимерное покрытие для уменьшения образования сдуваемой пыли в местах хранения угля (например, в штабелях), согласно техническим возможностям, определяемым требованиями к качеству угля. Сбирать угольную пыль, образующуюся при дроблении сортировке угля, и направлять её в пылеуловитель с рукавными фильтрами или иное оборудование для улавливания примесей. Использовать для термальных сушилок центробежные (циклонные) уловители в сочетании с высокопроизводительными мокрыми скрубберами Вентури. Использовать в качестве пневматического оборудования для обогащения угля центробежные (циклонные) уловители в сочетании с тканевыми фильтрами [35].

Использовать закрытые конвейеры в сочетании с системами пылеудаления и фильтрации в точках перегрузки, а также внедрять пылеподавление при обработке (например, дроблении, сортировке и сушке) и перемещении угля (например, по конвейеру), например, используя системы водяного орошения продукции со сбором воды и её последующей очисткой или повторным использованием. К неорганизованным выбросам других атмосферных загрязнителей относятся утечки летучих органических соединений (ЛОС), монооксида углерода (СО) и водорода из различных установок и оборудования,

таких, как установки для производства синтез-газа, угольные склады, установки синтеза метанола и синтеза Фишера-Тропша, установки обогащения, а также системы канализации для загрязненных нефтью стоков и очистные сооружения, особенно усреднительные бассейны и водомасляные сепараторы.

Кроме того, неорганизованные выбросы могут быть вызваны разнообразными утечками в трубопроводном хозяйстве, клапанах, соединениях, фланцах, сальниках, линиях с открытыми торцами, потерями при хранении и производственными потерями из резервуаров-хранилищ со стационарной и плавающей крышей, уплотнений насосов, газотранспортных систем, уплотнений компрессоров, предохранительных клапанов, амбаров ёмкостей, а также при погрузке и разгрузке углеводородов.

В целях предотвращения и ограничения неорганизованных выбросов атмосферных загрязнителей рекомендуется, в частности. Ограничить неорганизованные выбросы из труб, клапанов, уплотнений, резервуаров и других узлов инфраструктуры за счет постоянного мониторинга с помощью устройств детектирования паров и технического обслуживания или, по мере необходимости, замены узлов в приоритетном порядке. Поддерживать стабильное давление и паровоздушное пространство в резервуарах. Координации графика заполнения и откачки, а также уравнивания давления в резервуарах (процесс, при котором пары, вытесняемые при заполнении резервуара, перепускаются в Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда

Переработка угля заполнять пространство опорожняемого резервуара, или в иную ёмкость в порядке подготовки к рекуперации паров). Использование краски белого или иного цвета с низкой теплопоглощающей способностью для окраски внешней поверхности резервуаров – хранилищ более легких фракций, таких, как бензин, этанол и метанол, в целях уменьшения поглощения тепла. Следует учитывать возможное зрительное воздействие света, отражаемого резервуарами. Исходя из ёмкости хранилища и упругости паров хранимого продукта, подобрать в целях минимизации потерь при хранении и производственных потерь конкретный тип резервуаров-хранилищ в соответствии с принятыми международными стандартами проектирования. Сводить к минимуму потери при хранении и производственные потери в резервуарах-хранилищах со стационарной крышей за счет установки внутренней плавающей крыши и затворов.

Например, согласно Стандарту АПИ 650 «Сварные стальные резервуары для хранения нефти» новые, модифицированные или реконструированные резервуары объёмом не менее 40 000 галлонов (151 450 л), в которых хранятся жидкости с давлением пара от 0,75 фунта на квадратный дюйм (5,17 кПа) до 11,1 фунта на квадратный дюйм (76,53 кПа), либо объёмом не менее 20 000 галлонов (75 725 л), в которых хранятся жидкости с давлением пара от 4 фунтов на квадратный дюйм (27,58 кПа) до 11,1 фунта на квадратный дюйм (76,53 кПа), должны быть снабжены: стационарной крышей в сочетании с внутренней плавающей крышей, снабженной механическим башмачным первичным затвором, контактирующим с продуктом, либо внешней плавающей крышей, снабженной механическим башмачным первичным затвором, контактирующим с продуктом, сплошным

вторичным затвором, смонтированным на верху стенки резервуара (причем оба затвора должны удовлетворять определенным минимальным требованиям к величине зазора) и кожухами с уплотнением на патрубках крыши, либо системой закрытой продувки и контрольным устройством с эффективностью 95 процентов. Доступ персонала в резервуары следует организовывать только в соответствии с порядком входа в замкнутое пространство на основании предварительного разрешения, как указано в Общем руководстве по ОСЗТ [21].

В целях сведения к минимуму потерь от испарения следует проектировать и устанавливать деки, патрубки и ободное уплотнение в резервуарах-хранилищах с плавающей крышей в соответствии с международными стандартами.

## 5.2 Использование транспортных систем

Рассмотреть возможность использования при погрузке и разгрузке транспортных средств систем подачи и отвода, шлангов сбора резервуарных паров и паронепроницаемых автомобильных, железнодорожных цистерн и танкерных резервуаров.

Для сведения к минимуму выбросов паров использовать систему налива автомобильных железнодорожных цистерн с наливом снизу, а также в случае, если выбросы паров могут способствовать или привести к ухудшению качества атмосферного воздуха по сравнению с нормативами, разработанными исходя из принципов охраны здоровья, рассмотреть возможность оборудования объекта вторичными средствами ограничения выбросов, такими, как установки конденсации и рекуперации паров, каталитические окислительные установки, средства адсорбции газа, холодильные или масло- абсорбционные установки. Парниковые газы (ПГ) Образование существенных объемов диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) возможно в процессе производства синтез газа – главным образом, во время конверсии монооксида углерода. Среди примеров: Стандарт АПИ 620 «Проектирование и производство сварных резервуаров-хранилищ низкого давления большой вместимости» [39].

Водяным паром, а также при любых процессах горения (например, при производстве электроэнергии и сжигании побочных продуктов, либо при комбинированном производстве тепла и электричества). Рекомендации по экономии энергии и ограничению выбросов парниковых газов зависят от характера проекта и места его реализации, однако могут включать некоторые из рассмотренных в Общем руководстве по ОСЗТ.

Владельцам комплексных предприятий следует рассмотреть возможность применения в рамках таких предприятий общего подхода к процессу выбора производственных технологий и инженерных сетей. Твёрдые частицы, тяжелые нефтепродукты и тяжелые металлы В процессе подготовки (например, при работе сушилок), газификации (например, при подаче сырья и удалении золы) и сжижения угля возможно формирование точечных источников выбросов пыли и тяжелых нефтепродуктов (смола). Следует подобрать соответствующую технологию минимизации выбросов твердых частиц [26].

### 5.3 Процессы газификации угля

В процессе газификации угля возможны выбросы в атмосферу содержащихся в угле тяжелых металлов. Большую часть тяжелых металлов можно удалить с помощью мокрого скруббера. Для удаления ртути из угля с её повышенным содержанием может потребоваться технология абсорбции.

Рекомендации по ограничению выбросов твердых частиц рассмотрены в Общем руководстве по ОСЗТ. Кислые газы и аммиак Отходящие газы, выбрасываемые из дымовой трубы установки Клауса по восстановлению серы, представляют собой смесь инертных газов, содержащих диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), и являются существенным источником выбросов в атмосферу в процессе переработки угля. В процессе газификации могут также образовываться такие загрязнители, как сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), сероуглерод ( $\text{CS}_2$ ), монооксид углерода ( $\text{CO}$ ), аммиак ( $\text{NH}_3$ ) и цианистый водород ( $\text{HCN}$ ). Обычно львиная доля этих газов (более 99 процентов) улавливается при очистке синтез газа.

Процессы сжижения, включая работы с баками для приготовления угольной пульпы, могут привести к выбросам иных кислых газов и летучих органических соединений. Для ограничения выбросов кислых газов и аммиака рекомендуется, в частности, принимать следующие меры: Внедрить технологический процесс восстановления серы (например, установку Клауса) во избежание выбросов  $\text{H}_2\text{S}$ . Продувать баки для приготовления угольной пульпы с использованием отводимого воздуха в качестве воздуха для горения в процессе производства электроэнергии или тепла. В целях сокращения выбросов диоксида серы внедрить скрубберную очистку с помощью либо окислительных, либо восстановительных скрубберов хвостовых газов, а также скрубберов вентури. В случае установки устройств для термического окисления сернистых соединений эксплуатировать такие устройства при температурах не ниже 650 градусов по Цельсию ( $^{\circ}\text{C}$ ) и соответствующем составе топливо-воздушной смеси с целью полного дожигания  $\text{H}_2\text{S}$ , а также обеспечить доступ к дымовым трубам с целью установки и эксплуатации контрольных приборов (например, для мониторинга выбросов  $\text{SO}_2$  из установок Клауса и печей дожигания газов). Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда. Отходящие газы Сжигание синтез газа или газойля для производства электроэнергии или тепла на предприятиях по переработке угля является существенным источником выбросов в атмосферу  $\text{CO}_2$ , оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ),  $\text{SO}_2$ , а при ненадлежащем функционировании горелок – и монооксида углерода ( $\text{CO}$ ).

Указания по ограничению выбросов из малых источников горения, предназначенных для генерации электрической или механической энергии, пара, тепла или любого их сочетания, независимо от вида топлива, с совокупной номинальной тепловой мощностью до 50 мегаватт тепловой энергии (МВт тепл.) приведены в Общем руководстве по ОСЗТ. Указания, касающиеся источников горения мощностью более 50 МВт теплоты содержатся в Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций. Выбросы, связанные с эксплуатацией энергоустановок, следует сводить к минимуму посредством реализации



комплексной стратегии, предусматривающей сокращение потребностей в энергии, использование более экологически чистых видов топлива и, в необходимых случаях - применение методов ограничения выбросов.

Рекомендации по рациональному использованию энергии приводятся в общем руководстве по ОСЗТ. Выпуск и факельное сжигание являются важными эксплуатационными мерами и мерами обеспечения безопасности. Они применяются на объектах переработки угля для обеспечения безопасного сброса газа и других углеводородов при аварийных ситуациях, отключении питания и отказе оборудования или возникновении других нештатных условий на установке. Кроме того, посредством выпуска и факельного сжигания осуществляется устранение непрореагировавших исходных материалов и горючих газов побочных продуктов технологического процесса. Избыток газа не следует сбрасывать, вместо этого его следует направлять для уничтожения в эффективную систему факельного сжигания. С целью сведения выпуска и факельного сжигания газа к минимуму рекомендуется, в частности оптимизировать систему управления установкой с целью повысить степень конверсии исходного материала. По возможности, использовать непрореагировавшие исходные материалы и горючие газы, образовавшиеся как побочные продукты, для выработки электроэнергии или рекуперации тепла. В целях обеспечения максимальной практически достижимой надежности установки предусмотреть дублирование систем, а также размещать установку факельного сжигания на безопасном расстоянии от мест размещения персонала и жилых территорий, и организовать её техническое обслуживание для обеспечения высокой эффективности её работы. Аварийный выпуск приемлем только при особых условиях, когда факельное сжигание потока газа нецелесообразно. Для анализа таких ситуаций следует использовать стандартные методики оценки рисков. Обоснование того, почему не используется система факельного сжигания газа, должно быть полностью документировано до того, как будет рассматриваться вопрос о сооружении установки аварийного выброса газа в атмосферу [9].

Есть несколько путей решения экологических проблем угольных станций.

Один из них - снизить содержание в топливе компонентов - потенциальных источников образования токсичных веществ при сжигании. Это минеральные примеси в углях и, прежде всего, сульфидные минералы. Именно они, разлагаясь при высоких температурах, образуют оксиды серы. Снижение содержания сульфидных минералов достигается обогащением углей.

Однако обычные методы обогащения снижают выброс в атмосферу минеральных компонентов, но не оказывают влияния на выброс парниковых газов.

Для снижения вредных выбросов парниковых газов можно также использовать технологию сжигания с относительно низкими температурами. К числу таковых относится сжигание в «циркулирующем кипящем слое» (ЦКС), которое происходит при температуре около 900 градусов. Для сравнения: наиболее распространенная пылеугольная система сжигания имеет температуру

до 1500 – 1800 градусов. Технология ЦКС характеризуется высоким уровнем смешения топлива и окислителя, интенсивной теплоотдачей к погруженным поверхностям нагрева, отсутствием движущихся частей в топочном объеме, возможностью сжигания в одном агрегате топлива различного состава и качества. Применение топок с кипящим слоем повышает КПД горения низкосортного топлива и создает возможность комплексной механизации и автоматизации технологического процесса.

Отметим, что процесс горения в топках низкотемпературного кипящего слоя ведется в активном аэродинамическом режиме с повышенными скоростями, что приводит к увеличению выноса твердых частиц из топочного пространства, поэтому традиционные методы очистки газов с применением сухих инерционных пылеуловителей не обеспечивают требуемой эффективности золоулавливания. Важной является и проблема утилизации шлака и золы, накопленных в пылеуловителях [14].

Сегодня системы ЦКС внедрены на многих угольных ТЭС за рубежом. Необходимо отметить, что строительство угольных станций такого типа требует значительных капитальных затрат. Это, вероятно, главным образом и сдерживает соответствующее перевооружение отечественной энергетики.

Между тем на казахстанских ТЭЦ сжигание угля не всегда производится эффективно. Например, механический недожог на котельных со слоевым сжиганием может превышать 30 процентов. Устаревшее котельное оборудование казахстанских ТЭЦ и применяемые в отечественной энергетике технологии пылеугольного и слоевого сжигания угля не могут в полной мере удовлетворять современным требованиям энергоэффективности и экологическим нормам по эмиссии вредных веществ.

Таким образом, для развития угольной энергетики необходимы новые экологически чистые и экономически выгодные технологии использования углей. Главными задачами внедрения таких технологий в энергетику страны являются снижение механического недожога угля и уменьшение эмиссии вредных веществ.

Одной из перспективных программ развития энергоэффективной экологически чистой угольной энергетики является использование водоугольного топлива. Он представляет собой мелкодисперсную смесь измельченного угля, воды и в ряде случаев стабилизирующей добавки (пластификатора) [37].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение каменных углей разнообразно. Он используется как технологическое, энерготехнологическое и энергетические сырьё, при производстве кокса и полукокса с получением большого количества химических продуктов.

Кузбасский угольный бассейн занимает важное значение в топливно-энергетическом комплексе Российской Федерации. Его доля составляет 57 процентов.

Уголь марки Д соответствует стандартным характеристикам качества. Результаты следующих показателей:

- Влажность и зольность углей ДР ( длиннопламенный рядовой ), ДО (длиннопламенный орех ), ДОМСШ (длиннопламенный мелкий орех семечкой и штыбом) разных сортомарок марок Д, не превышают 18 процентов и соответствуют стандартным характеристикам качества.
- Выход летучих веществ и теплота углей ДР ( длиннопламенный рядовой ), ДО (длиннопламенный орех ), разных сортомарок марок Д, не превышают 40 процентов, что нельзя сказать про сорт ДОМСШ (длиннопламенный мелкий орех семечкой и штыбом).

Для повышения качественного показателя угля марки Д, необходимо производить обогащение.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рома, В. Я. Экономическая и социальная география России: учебник / В. Я. Рома. – Москва: Изд-во М, 2006. – 65 с.
2. Баринаова, И.И. Физическая и экономическая география России: учебник / И.И. Баринаова, В.П. Дронов – Москва: Изд-во Москва, 2010. – 268с.
3. Родионова, И.А. Экономическая география России: учебник / И.А. Родионова. – Москва: Изд-во Москва, 2007. – 165с.
4. Дронов, В.П. Экономическая и социальная география: учебник / В.П. Дронов. – Москва: Изд-во Москва, 2007. – 16с.
5. Морозова, Т.Г. Экономическая география России: справочник / Т.Г. Морозова, М.П. Победина, С.С. Шишов. – М.: География, 2008. – 50с.
6. Липец, Ю.Г. География мирового хозяйства: справочник / В.А. Пуляркин, С.Б. Шлихтер. – М.: Экономическая география, 2008. – 120с.
7. Бородин, Б.А., «Востсибуголь». учебник / Б.А. Бородин, Г.Н. Мясников – М.: Изд-во Москва, 2009. – 24с.
8. Винокуров, М.А., Экономика Иркутской области. учебник / М.А. Винокуров, А.П. Суходолов – И.: Изд-во Иркутск, 2010. – 248с.
9. Волошин, А.П., Экономика угольной промышленности. учебник / А.П. Волошин, С.Е. Рыбников – М.: Изд-во Москва, 2012. – 198с.
10. Губенко, А.Л. Охрана недр при подземной разработке угольных месторождений: учебник / А.Л. Губенко. – Москва: Изд-во Москва, 2013. – 128с.
11. Курносоев, А.М. Справочник по экономике угольной промышленности: справочник / А.М. Курносоев, В.П. Соколов, В.Б. Москвин. – М.: Недр, 2012. – 217с.
12. Морозова, Т.Г. Региональная экономика: справочник / Т.Г. Морозова, М.П. Победина, Г.Б. Поляк – М.: ЮНИТИ, 2013. – 472с.
13. Морозова, М.Н. Региональная экономика: учебник / М.Н. Морозова. – Москва: Изд-во Москва, 2013. – 472с.
14. Моссаковский, Я.В. Экономика горной промышленности: учебник / Я.В. Моссаковский. : Недр, Москва, 2015. – 367с.
15. Островская, Н. Угольная промышленность Восточной Сибири / Н. Островская // г-та «СМ-номер-один». – 2011. – выпуск 2. – №162(14).
16. Степанов, В. С. Топливо: виды, происхождение, характеристики: учебник / В.С. Степанов. – Иркутск: Изд. ИрГТУ, 2009. – 118с.
17. Терпигорев, А.М. Горное дело. Энциклопедический справочник: справочник / А.М. Терпигорев. - Москва: УГЛЕХИТИЗДАТ, 2010. – 646с.
18. Арутюнова, Д.В. Угольные бассейны Сибири: учебное пособие / Д.В. Арутюнова. – Москва: ТТИ ЮФУ, 2010. – 122 с.
19. Бочаров, В.В. Состояние и перспективы энергетического сектора экономики России: учебник / В.В. Бочаров. – СПб.: Питер, 2013. – 240 с.
20. Волков, И.М. Геология и разведка угольных месторождений: учебное пособие / И.М. Волков, М.В. Грачёва. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 495 с.

21. Гиляровская, Л.Т. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: учебник / Л.Т. Гиляровская. – М.: Проспект, 2007. – 360 с.
22. Голубков, Е.П. Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири: учебник / Е.П. Голубков. – М.: Финпресс, 2014. – 496 с.
23. Донцова, Л.В. Угольная промышленность России: учебник / Л.В. Донцова, Н.А. Никифорова. 5–е изд., перераб. и доп.–М.: Издательство «Дело и Сервис», 2014. – 368 с.
24. Ефимова, О.В Уголь Сибири и Дальнего Востока: учебник / О.В. Ефимова. – М.: Омега –Л, 2015. – 350 с.
25. Ковалева, В.В. Экономическая география: учебник / В.В. Ковалева. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Велби, Проспект, 2012. – 640 с.
26. Качановский, Д. Е. Экономическая оценка полезных ископаемых / Д.Е. Качановский// Журнал «Сибирь и Дальний Восток». – 2010.
27. Мазур, И. И. Состояние и перспективы энергетического сектора экономики России: учебное пособие / И.И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге. – М.:ОМЕГА–Л, 2011. – 36 с.
28. Фляйшер, К. Стратегический анализ качества угля: К. Фляйшер, Б. Бенсуссан. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 122 с.
29. Методические рекомендации по качественному составу угля: (Первая редакция) / М-во эколог. РФ, М–во эколог. РФ, рук. авт. кол. : Горелов С.А., Горяинов Ю.А., Васильев Г.Г. – М.: 2014. – 250 с.
30. Стативко, С. В. Экономическая и социальная география России: учебник / С. В. Стативко. – Москва: Изд–во М, 2009. – 110 с.
31. Скрипко, А.К. Процессы обогащения бурого угля / А.К. Скрипко, – Москва: Изд-во Москва, 2010. – 268с.
32. Суханов, Е.А. Экономическая география Кузбасса: учебник / Е.А. Суханов. – Кемерово: Изд-во Кемерово, 2007. – 240с.
33. Садиков, О.Н. Комплексное использование сырья: учебник / О.Н. Садиков. – Москва: Изд-во Москва, 2010. – 34с.
34. Тихомиров, М.С. Рациональное использование энергии : справочник / М.С. Тихомиров, Г.Г. Васильев, С.А. Котов. – М.: География, 2011. – 90с.
35. Чугунов, Л.С. Взаимодействие производства и окружающей среды учебник / Л.С. Чугунов, С.Б – М.: Изд–во Москва, 2006. – 115с.
36. Григорьев, А.Н., Характеристика и запасы сырья. учебник / А.Н. Григорьев, Е.К. Мясников – М.: Изд–во Москва, 2013. – 66с.
37. Зоря, Е.И., Мероприятия по снижению загрязнения. учебник / Е.И. Зоря, А.П. Сухоруков – И.: Изд-во Иркутск, 2010. – 250с.
38. Антипьев, В.Н., Рациональное использование твердого топлива. учебник / В.Н. Антипьев, С.Е. Тихонов – М.: Изд-во Москва, 2012. – 234с.
39. Земенков, Ю.Д. Химико-технологический процесс производства: учебник / Ю.Д. Земенков. – Москва: Изд-во Москва, 2013. – 128с.
40. Цагарели, А.Д. Справочник по промышленной добычи угля: справочник / А.Д. Цагарелив, В.А. Чаев, В.Г. Тимошкин. – М.: Недра, 2012. – 219с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расположение угольнодобывающих районов Кузбасского угольного бассейна

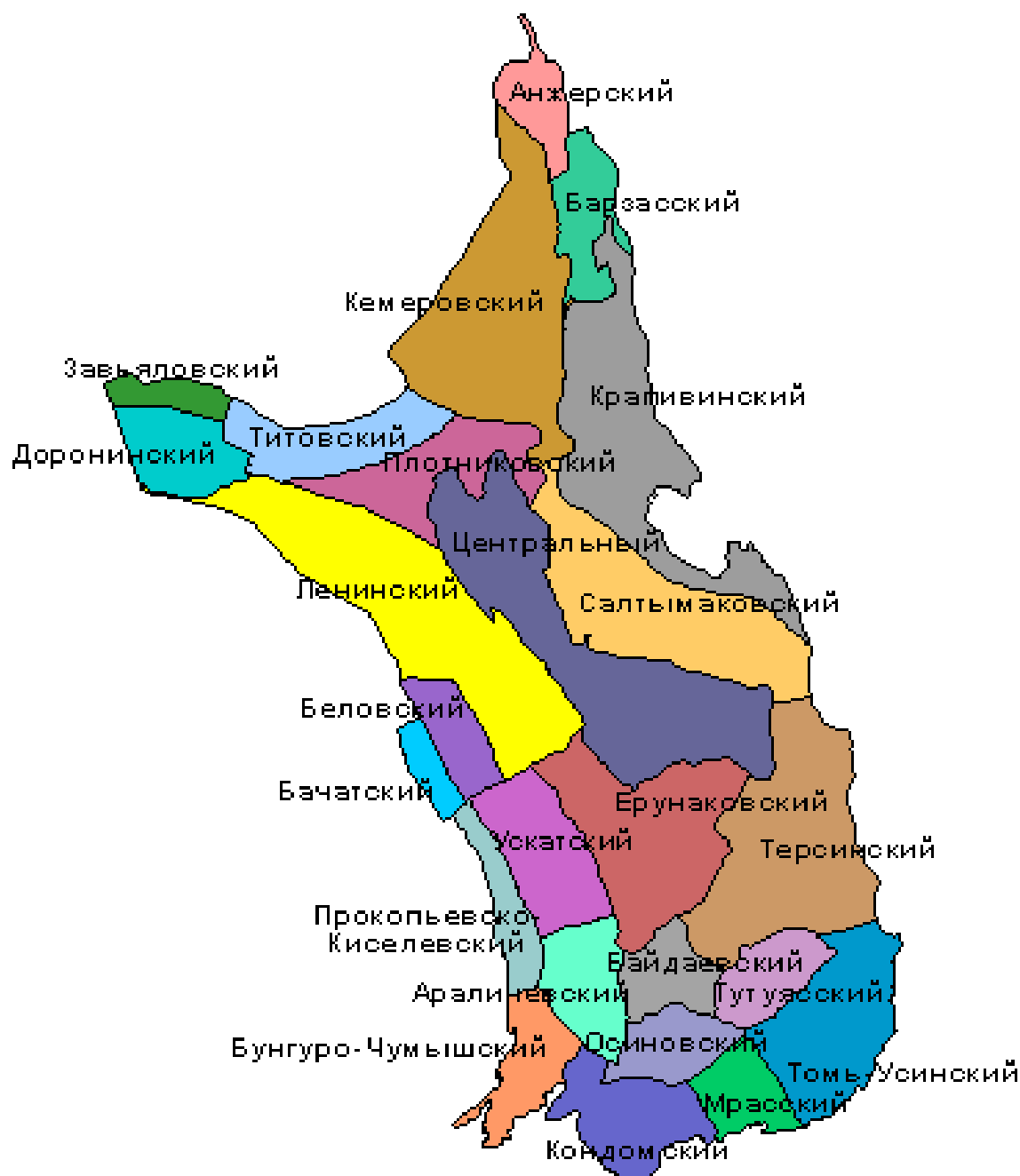


Рисунок А.1 – Карта расположения угольнодобывающих районов Кузбасского угольного бассейна

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Нормативная база государственных стандартов

Таблица Б.1 - Нормативная база

Обозначение стандарта	Название стандарта	Квалиметрическая характеристика, регламентирующая стандартом
ГОСТ 11022–95	Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности	Зольность
ГОСТ 27314–91	Топливо и твердое сырье. Методы определение влаги	Влажность
ГОСТ 11014–81	Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Ускоренный метод определения влаги	
ГОСТ 147–95	Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания	Теплота сгорания
ГОСТ 2160–92	Топливо твердое минеральное. Методы определения плотности	Плотность
ГОСТ 6382–91	Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ	Выход летучих веществ
ГОСТ 8606–94	Топливо твердое. Методы определения серы	Содержание серы
ГОСТ 1186–87	Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей	Спекаемость
ГОСТ 9318–91	Уголь каменный. Метод определения спекающей способности по Рога	
ГОСТ 10100–84	Угли каменные и антрацит. Метод определения обогатимости	Обогатимость
ГОСТ 25543–88	гли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам	Петрографический, марочный и элементный состав
ГОСТ 6382–91	Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ	