

на правах рукописи

Казакова Оксана Александровна

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УГЛЯ
ТАЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ
КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Специальность 05.14.14 – Тепловые электрические станции,
их энергетические системы и агрегаты

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2006

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Заворин А.С.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Лебедев В.М.

кандидат технических наук Захарова Л.Г.

Ведущая организация: Региональный Центр управления энергосбережением
(г. Томск)

Защита состоится “25” декабря 2006 года в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета К 212.269.04 в Томском политехническом университете по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина 30, корпус 4, ауд. 406.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан “24” ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета

Заворин А.С.

Актуальность работы

Ежесезонное увеличение цен на основные энергоносители, ввозимые на территорию Томской области из соседних регионов, актуализирует задачу привлечения собственных источников более дешевых энергоресурсов. Одним из таких объектов является Таловское бурогольное месторождение, которое оценивают как относительно крупное с прогнозными ресурсами около 3,6 млрд. тонн. По прогнозным оценкам добыча угля может составить 10 – 15 млн. тонн в год, что позволит перевести энергетику местного значения на собственное топливо. Важность данного направления подтверждается также перспективностью разработки Таловского угольного месторождения для создания в регионе новых металлургических мощностей на основе Бакcharского железорудного месторождения. И хотя Таловское месторождение по ряду параметров является источником низкосортного топлива, не исключаются такие варианты использования, когда таловский уголь все же может конкурировать с привозными. В частности, официальная информация (оценки Томской горнодобывающей компании и Межрегиональной ассоциации “Сибирское соглашение”) рассматривает Таловское бурогольное месторождение Томской области как полноценную альтернативу привозным углям.

Месторождение находится на стадии неполной геологической разработки и оценка угля как энергетического топлива позволит судить о возможных масштабах его применения для тепловых электрических станций, отопительных котельных или в химической промышленности.

Тема диссертационной работы соответствует основным направлениям научной деятельности Томского политехнического университета – “Разработка методов и средств повышения надежности и эффективности эксплуатации энергетических объектов”, а также находится в русле критических технологий РФ – “Технологии производства топлив и энергии из органического сырья”.

Имея ввиду данные перспективы, а также то, что проектирование и эксплуатация котлоагрегатов для работы на определенном виде топлива осуществляются с учетом особенностей его минеральной части и её поведения при сжигании, определена цель работы.

Цель работы

Исследование состава минеральной части угля Таловского месторождения Томской области как энергетического топлива для создания базы данных по прогнозированию поведения минеральной части угля при его сжигании в котельных установках и оценке влияния на работу элементов топливного и газового трактов.

Основные задачи исследования

- качественный, количественный и структурный анализ минеральной части угля;
- прогноз влияния минеральной части угля на работу поверхностей нагрева котла.

Научная новизна определяется выявленными характеристиками минеральной части неисследованного ранее угля Таловского месторождения, а также впервые полученными параметрами прогнозируемого поведения минеральной части при его сжигании в топках паровых котлов.

Практическая значимость определяется лабораторными результатами, пригодными к использованию при проектировании и эксплуатации котельных установок, сжигающих уголь Таловского месторождения, и тем, что объектом исследований является местное топливо, освоение которого позволяет повысить региональную энергетическую безопасность и содействовать развитию новых для региона отраслей промышленности. Результаты диссертационной работы используются в ОАО “Томскэнерго”, ОАО “Бийский котельный завод”, Томской горнодобывающей компанией и в учебном процессе по специальности “котло-и реакторостроение” в Томском политехническом университете.

Достоверность результатов обеспечивается применением апробированных методик экспериментальных исследований, контролем случайной и систематической погрешностей, сходимостью материального баланса, удовлетворительным соответствием результатов экспериментам других авторов.

На защиту выносятся:

- результаты лабораторных исследований минеральной части угля Таловского месторождения;
- прогноз поведения минеральной части угля в процессе его сжигания в топках паровых котлов.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VII, IX, X международных научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии” (Томск, 2001, 2003, 2004гг.), на научно-практической конференции “Минеральная часть топлива, шлакование, загрязнение и очистка котлов” (Челябинск, 2001г.), на региональной научной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых “Наука, техника, инновация” (Новосибирск, 2001г.), на II семинаре вузов Сибири и Дальнего Востока по теплофизике и теплоэнергетике (Томск, 2001г.), на IV семинаре ВУЗов Сибири и Дальнего Востока по теплофизике и теплоэнергетике с совместным пленарным заседанием участников “Тихоокеанского энергетического форума” (Владивосток, 2005г.), на научных семинарах кафедры парогенераторостроения и парогенераторных установок Томского политехнического университета (2001 – 2006 гг.).

Публикации

По результатам диссертационной работы опубликовано семь работ, в том числе одна статья в рецензируемом издании (список ВАК), четыре доклада, тезисы двух докладов в трудах международных, региональных и научно-практических конференций, всероссийских семинаров.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (145 наименований) и приложения. Работа содержит 134 страницы текста, 27 таблиц и 48 рисунков.

Личное участие автора

Автором выполнены работы по обобщению имеющегося экспериментального материала по минеральной части таловского угля, поставлена цель работы и определены её задачи. Выбраны и адаптированы методики экспериментальных исследований, проведен весь спектр отраженных в работе лабораторных исследований минеральной части. Выполнены анализ полученных результатов и прогнозная оценка поведения минеральной части угля в процессе его сжигания. В постановке цели и задач работы, обсуждении методики экспериментов и полученных результатов принимал участие научный руководитель А.С. Заворин. Консультации по методикам исследований оказывали инж. Николаева В.И. и к.т.н. А.А. Макеев.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы.

В первой главе представлен обзор состояния изученности угля Таловского месторождения, а именно, приводятся общие сведения о месторождении, его геолого-географические, экономические, геолого-разведочные данные, способы получения проб угля для исследования. Даны основные результаты исследования керновых проб в лабораториях кафедр ПГС и ПГУ, ХТТ в сотрудничестве с Томской ГРП: теплотехнические свойства (влажность, зольность, выход летучих, коксовый остаток, теплота сгорания), химико-технологические свойства. Показаны результаты исследования при термическом воздействии на таловский уголь. На основе материала данной главы делаются выводы, обусловившие соответствующую структуру второй главы:

1. Перспективным направлением является разработка технологии сжигания угля, что требует выработки представления о влиянии минеральной составляющей топлива на работу котла.

2. Исследования минералогического состава золы необходимы с учетом выявления параметров, используемых для прогноза поведения минеральной части углей при сжигании в котлах.

3. Требуется выявление и анализ известных результатов по изучению минерального состава неорганической части угля с целью определения объема работ по углубленному изучению минеральной части топлива.

Во второй главе проведен анализ научной и практической составляющих исследования минеральной части применительно к таловскому углю. Дается обзорная информация по известным процессам с участием минеральных компонентов в газовом тракте котельной установки и

выделяется роль отдельных составляющих. Уделяется внимание сведениям по топливам с низкой степенью углефикации, т.е. подобным таловскому углю. Обсуждаются методики прогноза и используемые для этого параметры или характеристики свойств минеральных компонентов твердого топлива, в частности, предложенные А.Н. Алехновичем с сотрудниками. Рассматриваются все результаты существующих работ по изучению минерального состава неорганической части таловского угля. Показано, что для достижения поставленной цели настоящей работы необходимо выполнение ряда лабораторных исследований минеральной части угля, по результатам которых имеется возможность провести анализ минеральной части с выделением внешней и внутренней составляющей зольности. На этой основе и с учетом известных параметров возможно оценить поведение минеральной части и её отдельных компонентов при сжигании в топочных устройствах паровых котлов и спрогнозировать её влияние на работу поверхностей нагрева.

Третья глава посвящена методическим положениям и характеристикам условий проведения исследований. В соответствии с поставленными задачами, предусматривающими проведение качественного и количественного исследования минеральной части всего массива керновых проб, представляющих образцы угля Таловского месторождения, разработана общая структура исследования (рис.1).



Рис. 1. Структура исследования минеральной части керновых проб угля.

Обобщив результаты химического анализа золы угля, с целью рационального применения исследуемого материала проб, для дальнейшего исследования используются средние значения групп рабочей зольности (в пределах классификации угля по зольности) и корреляционные зависимости, по которым выбираются пробы, называемые представителями.

Исследование проб-представителей заключается в проведении химического фазового анализа, который представляет собой особую методику количественного определения минералогических форм, основанную на последовательной деминерализации угольных фракций реактивами, растворяющими определенную группу минеральных веществ, и химическом анализе получаемых продуктов. Выделяемые по данной методике совокупности минеральных веществ условно разделены на следующие группы (с учетом возможных форм органо-минеральных соединений и их особенностей):

1) компоненты, входящие в состав органических соединений топлива, с ионным типом связи с гуминовыми и фульвокислотами, а именно гетерополярные соли кальция и магния (гуматы);

2) минералы, в виде свободных оксидов, гидроксидов, карбонатов, а также большая часть веществ из органо-минеральных соединений, имеющих прочные связи металла с органическим веществом (комплексные соли железа, алюминия и др. с координационным типом связи);

3) внешние минеральные соединения, представленные кварцем, сульфидами, глинистые минералы и другие гидратированные силикаты.

Для обеспечения достаточно полного отделения внешних соединений от основной массы угольного вещества и отдельных минералогических форм друг от друга применяется физическое фракционирование для разделения исходной массы угля на фракции различной плотности, тем самым, показывая распределение минеральных компонентов между внутренней и внешней составляющими зольности исходного топлива. Затем фракции подвергаются химическому анализу с целью определения количества минеральных компонентов во фракциях различной плотности и рентгенофазовому анализу (качественный анализ) – для выявления соединений, в которых содержатся минеральные компоненты угля.

Обоснованы основные положения методики исследований, последовательность средств и способов для выявления соответствующих характеристик проб. Рассматриваются условия физического фракционирования. Обосновываются требования к разделению угля в тяжелых жидкостях. Дается методика оценки минерального состава угля методами рентгенофазового анализа, химического валового анализа, химического фазового анализа. В завершении главы дана фактическая оценка погрешности результатов по каждому виду исследования.

В четвертой главе приводятся результаты исследования минеральных компонентов в составе таловского угля. Данные о химическом анализе золы для всего массива проб (табл. 1) и корреляционные зависимости на бессульфатную массу представлены ниже.

Табл. 1. Обобщенный химический состав золы

Химическая составляющая	Содержание в золе на сухую массу, % $\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{M_i} \cdot 100}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{M_i}} \right)$	
	Сульфатная масса	Бессульфатная масса
SiO ₂	$\frac{24,93 \div 72,4}{56,35}$	$\frac{27,58 \div 73,98}{57,18}$
Al ₂ O ₃	$\frac{8,52 \div 33,67}{23,14}$	$\frac{8,88 \div 34,35}{24,44}$
Fe ₂ O ₃	$\frac{2,84 \div 14,01}{7,16}$	$\frac{2,93 \div 14,93}{7,93}$
CaO	$\frac{2,13 \div 31,68}{8,58}$	$\frac{3,06 \div 35,05}{9,15}$
MgO	$\frac{0,13 \div 5,84}{1,42}$	$\frac{0,17 \div 6,14}{1,52}$
SO ₃	$\frac{0,33 \div 10,02}{2,91}$	—

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 13,22 \ln(A^d) + 12,09; \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,0057(A^d)^2 - 0,3069A^d + 27,602; \\ \text{CaO} &= -10,911 \ln(A^d) + 46,375; \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 33,823(A^d)^{-0,4792}; \\ \text{MgO} &= -1,2884 \ln(A^d) + 5,803. \end{aligned}$$

Приводятся условия формирования проб – представителей и определяются подробные характеристики их минеральной части (табл. 2).

Табл. 2. Характеристика минеральной части проб-представителей

№ пробы	Бессульфатная масса золы проб угля, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	S ^d
108	47.91	25.33	9.99	13.04	1.59	1.65	0.167	0.909	0.588	0,55
63	47.86	24.59	12.21	12.00	1.18	1.87	0.166	0.786	0.499	0,53
38	61.29	21.21	7.42	7.36	1.05	2.06	0.154	1.382	0.582	0,48

Данные по распределению минерального вещества по фракциям угля с различной плотностью (рис. 2, табл. 3), а также химический состав золы фракций различной плотности показывают, что основные макрокомпоненты

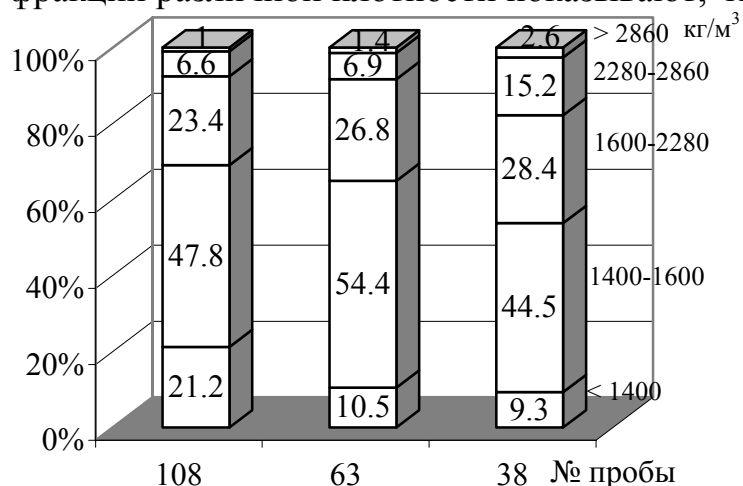


Рис. 2. Количественное распределение проб угля по весовым фракциям

Табл. 3. Зольность фракций

Плотность фракций, кг/м ³	Зольность фракций, %		
	№ пробы		
	108	63	38
< 1400	3.8	5.4	7.1
1400 ÷ 1600	10.5	14.2	15.3
1600 ÷ 2280	27.7	35.8	40.7
2280 ÷ 2860	60.2	75.2	92.8
> 2860	75.3	77.8	94.4

представлены во всех группах фракций. При этом наблюдается увеличение содержания кремния с увеличением плотности фракций, а также повышенное содержание алюминия и железа в легких и средней фракциях. Содержание кальция и магния уменьшается с увеличением плотности фракций. Количественное распределение минеральных компонентов в золе фракций показывает, что во внутренней золе сосредоточено порядка 12% кремния, что в 3,5 раза меньше, чем во внешней золе. Алюминия и железа – меньше примерно в 1,5 раза, кальция – в 2 раза. Магний распределен примерно одинаково.

По результатам РФА легких фракций исследуемых проб определено, что основными формами внутренних соединений минеральных компонентов являются органо-минеральные соединения Ca, Mg, Fe, Al, Si, которые в процессе окисления органики образуют смесь сульфатов и окислов. Результаты РФА тяжелых фракций исследуемых проб показывают, что основными формами внешних соединений минеральных компонентов являются: алюмосиликаты, представленные глинистыми минералами (группы каолинита $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_6$ и монтмориллонита $\text{Al}_{2-x}\text{Mg}_x\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) и полевыми шпатами: $(\text{Na}_{1-x}\text{Ca}_x) \cdot (\text{Al}_{1+x}\text{Si}_{3-x}\text{O}_8)$; гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); пирит (FeS_2); кварц (SiO_2).

Количественная оценка минералогических групп (рис. 3–7) позволила определить, что наибольшее количество кальция и магния сосредоточено в CaO , %

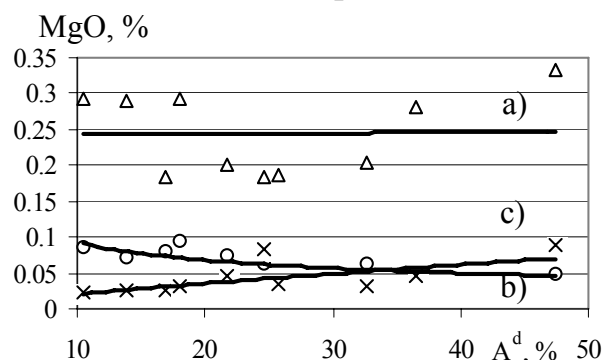
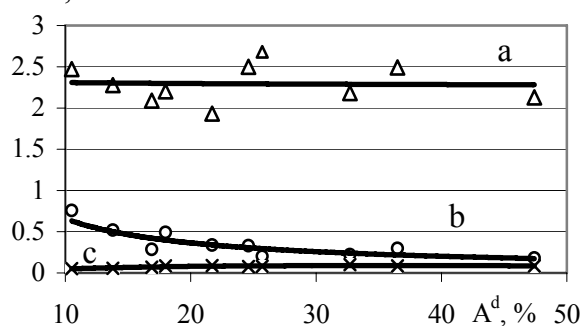


Рис. 3, 4. Содержание оксидов кальция и магния в различных формах в угле

а) в составе гуматов; б) в составе органо-минеральных комплексов и карбонатов; в) в составе силикатов.

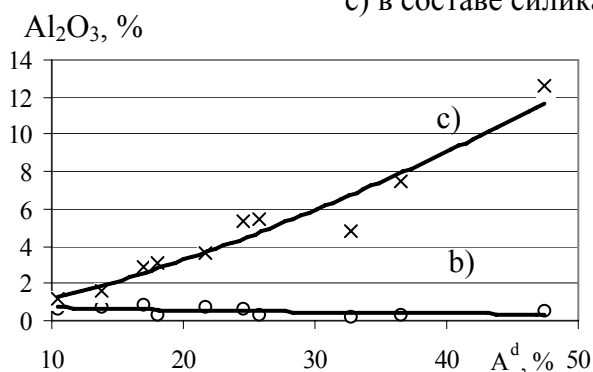


Рис. 5. Содержание оксида алюминия в различных формах в угле
б) в составе органо-минеральных соединений;
в) в составе алюмосиликатов.

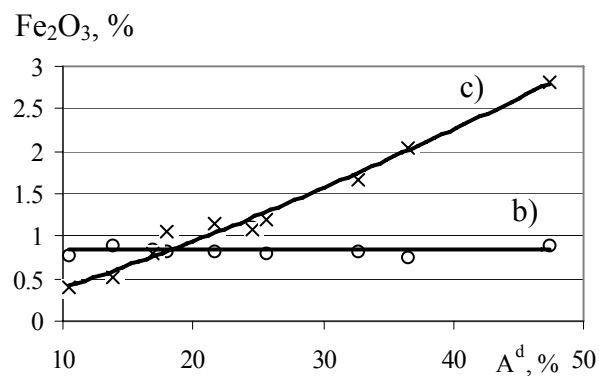


Рис. 6. Содержание оксида железа в различных формах в угле
б) в составе органо-минеральных комплексов и карбонатов;
в) в составе дисульфидов.

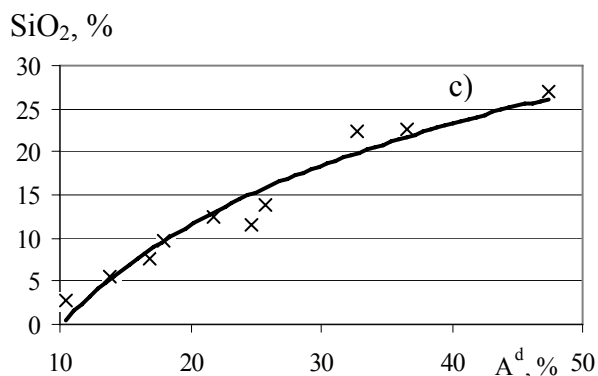


Рис. 7. Содержание оксида кремния в составе алюмосиликатов и свободной кремнекислоты (кварца)(с).

органических соединений (в составе гуматов) и не зависит от зольности исходного угля. Содержание их в органо-минеральных комплексах и силикатах имеет незначительные изменения с увеличением зольности. Содержание алюминия и железа в органо-минеральных соединениях незначительно и также мало зависит от зольности, а основная их часть сосредоточена в составе внешних, в т.ч. силикатных форм, что, естественно, сильно зависит от зольности в сторону возрастания с её увеличением. Что касается содержания кремния в составе кварца и силикатов, то очевидно увеличение его количества с ростом зольности угля. Необходимо отметить, что разделение на минералогические группы имеет условно-сравнительный характер и используется в той мере насколько позволят применять их для расчетной оценки прогнозных параметров.

Анализ полученных результатов с построением корреляционных зависимостей содержания отдельных элементов от зольности позволяет оценить тенденции их изменения. Так, наряду с характерным для окиси кремния повышением содержания с увеличением зольности наблюдается достаточно большой разброс значений в пределах одного значения аргумента. Данный факт косвенным образом указывает на то, что важную роль в насыщении минеральной части угля кремнием играет привнесение внешних минеральных примесей. То же самое можно констатировать и для Al_2O_3 , с той лишь разницей, что корреляционная зависимость практически не зависит от изменения зольности угля. Для остальных компонентов минеральной части (CaO , Fe_2O_3 , MgO) наблюдается одинаковая тенденция снижения их процентного содержания с увеличением зольности, что объясняется увеличением содержания SiO_2 . Диапазоны изменения содержания отдельных макрокомпонентов минеральной части в зависимости от зольности достаточно велики, что характерно для “молодого” угля.

Статистические данные по зольности угля позволяют констатировать, что при широком её диапазоне можно выделить три основных группы угля согласно принятой классификации: средnezольный, высокзольный и уголь с зольностью, предельной для использования в “большой” энергетике. Химический состав выбранных в пределах каждой группы зольности проб-представителей показывает, что содержание отдельных минеральных компонентов коррелирует со среднестатистическими значениями в пределах всего массива данных и не наблюдается каких-либо резких отклонений. Содержание в пробах-представителях таких компонентов, как TiO_2 , P_2O_5 ,

K_2O , Na_2O , составляет довольно незначительное количество, что позволяет относить таловский уголь к категории “несоленых” углей. Содержание общей серы в пробах угля является также незначительным и позволяет относить таловский уголь к малосернистым топливам.

Рентгенофазовый анализ пробы угля, озолённой различными способами (тестовый РФА), позволил получить представление об основных группах минералов, составляющих минеральную часть угля. На основе известных данных о плотности этих минералов наиболее точно определены диапазоны плотности фракций для физического разделения проб угля: <1400 , $1400 \div 1600$, $1600 \div 2280$, $2280 \div 2860$, >2860 кг/м³. При этом во фракции плотностью < 1400 , $1400 \div 1600$ кг/м³ переходят минеральные вещества, тесно связанные с органической частью, $1600 \div 2280$ кг/м³ – угольно-минеральные сростки, $2280 \div 2860$, >2860 кг/м³ – внешние минеральные примеси. Как показывают результаты физического разделения проб угля, в легкие фракции переходит до 69% от всей массы угля, остальную массу составляют угольно-минеральные сростки и внешние минеральные примеси. При этом увеличение зольности фракций с увеличением их плотности подтверждает эффективность проведенного фракционирования и тем самым достоверность полученных результатов. Графические интерпретации результатов позволяют говорить о содержании внутренней зольности как константе во всем диапазоне зольности угля. В связи с этим по результатам расчета распределения золы по фракциям можно заключить, что при обогащении угля более 66% минеральной массы доступно для отделения, т.к. представляет собой внешние минеральные примеси. Соответственно можно полагать, что зольность обогащенного угля в этом случае составит $7 \div 15\%$ на сухую массу угля (в зависимости от способа обогащения).

В результате лабораторных исследований сделаны следующие выводы.

1. Среднее содержание кремния в золе (для бессульфатной массы) составляет 57%, оно возрастает с увеличением зольности угля и описывается корреляционной зависимостью: $SiO_2 = 13,22 \ln(A^d) + 12,09$.

2. Среднее содержание алюминия в золе (для бессульфатной массы) составляет 24% и не зависит от изменения зольности угля.

3. Среднее содержание железа в золе (для бессульфатной массы) составляет 8%, незначительно убывает с увеличением зольности угля и описывается корреляционной зависимостью: $Fe_2O_3 = 33,823 \cdot (A^d)^{-0,4792}$.

4. Среднее содержание кальция в золе (для бессульфатной массы) составляет 9%, убывает с увеличением зольности угля и описывается корреляционной зависимостью: $CaO = -10,911 \ln(A^d) + 46,375$.

5. Среднее содержание магния в золе (для бессульфатной массы) составляет 1,5% и не зависит от изменения зольности угля.

6. Среднее содержание титана в золе (для бессульфатной массы) составляет 1,8% и не зависит от изменения зольности угля.

7. Среднее содержание фосфора в золе (для бессульфатной массы) составляет 0,15% и не зависит от изменения зольности угля.

8. Среднее содержание щелочных компонентов в золе (для бессульфатной массы) составляет 1,6% и не зависит от изменения зольности угля.

9. Среднее содержание общей серы в угле составляет 0,52% и не зависит от изменения зольности угля.

10. Таловский уголь относится к категории “несолёных” углей.

11. До 46% сухой массы угля приходится на внешние минеральные примеси.

12. На внутреннюю золу приходится до 34% всей золы, остальные 66% – на внешнюю золу.

13. При физическом обогащении зольность исходного угля уменьшается до $7 \div 15\%$ на сухую массу.

14. Внутренняя зола представлена окисью кальция и магния, а также соединениями железа, алюминия и кремния.

15. Внешняя зола представлена, в основном, соединениями кремния, железа и алюминия.

В пятой главе дается прогноз поведения минеральной части угля в технологиях энергетического топливоиспользования. На основе анализа литературных источников описываются индивидуальные превращения и взаимодействия в частицах угля при разных сочетаниях компонентов в их составе.

Выполнена расчетная оценка параметров прогнозирования свойств минеральной части при сжигании. Итогом является разработка методической базы данных, пригодной для использования при проектировании котлоагрегатов на таловском угле (табл. 4 – 8) и подготовленной согласно структуре соответствующей части нормативного метода теплового расчета котельных агрегатов и действующих отраслевых указаний по проектированию топочных устройств для сжигания твердых топлив.

Табл. 4. Расчетные характеристики камерных топок

Диапазон зольности A^d , %	Тепловое напряжение поперечного сечения топки q_F , МВт/м ²	Тепловое напряжение лучистой поверхности зоны активного горения $q_{л.г}$, МВт/м ²
0 ÷ 20	4,0	0,7
20 ÷ 30	4,9	0,9
30 ÷ 45	6,6	1,1

Табл. 5. Рекомендуемые средние температуры газов перед ширмовым и конвективным пароперегревателем

Диапазон зольности A^d , %	Характер первичных отложений	Температура газов, °С	
		перед ширмами	перед КПП
0 ÷ 20	рыхлые	1108	958
20 ÷ 30	рыхлые	1115	965
30 ÷ 45	рыхлые	1137	987

Табл. 6. Расчетные характеристики топлива

Диапазон зольности, %	Рабочая масса топлива, %							Теплота сгорания, МДж/кг		Предельные значения, %	Зольность, %	Приведенные значения, %кг/МДж		Выход летучих, %
A^d	W_t^r	A^r	S^r	C^r	H^r	N^r	O^r	Q_i^r	Q_i^d	W_t^r	A^d	$W_{i\delta}^r$	$A_{i\delta}^r$	V^{daf}
0 ÷ 20	43,9	9,5	0,3	30,1	2,3	0,5	13,4	10,3	18,4	62,3	16,9	17,8	3,8	58,4
20 ÷ 30	40,7	14,6	0,2	29,5	2,2	0,6	12,2	10,0	16,9	59,6	24,6	17,0	6,1	59,8
30 ÷ 45	39,1	22,2	0,2	26,3	1,4	0,6	10,2	7,9	12,9	56,9	36,5	20,8	11,8	60,9

Табл. 7. Состав, характеристики плавкости и шлакуемости золы топлива

Диапазон зольности A^d , %	Температура плавкости золы, °C			Начало нормального жидкого шлакоудаления $t_{н.ж}$, °C	Элементный состав золы на бессульфатную массу, %								Температура начала шлакования, °C	Склонность к образованию прочных первичных отложений
	t_A	t_B	t_C		SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	$t_{шл}$, °C	
0 ÷ 20	1187	1289	1375	1375	46,9	25,3	1,7	10,0	13,0	1,6	0,9	0,6	983	нет
20 ÷ 30	1211	1301	1380	1425	46,9	24,6	1,9	12,2	12,0	1,2	0,8	0,5	990	нет
30 ÷ 45	1258	1349	1396	1525	59,2	21,2	2,1	7,4	7,1	1,1	1,4	0,6	1012	нет

Табл. 8. Прогнозируемая вероятность влияния минеральной части угля на работу котла

Вероятность:	Диапазон зольности A^d , %		
	0 ÷ 20	20 ÷ 30	30 ÷ 45
– шлакования топки	Высокая	Высокая	Средняя
– шлакования ширм	Высокая	Средняя	Средняя
– образования железистых отложений в топке	Высокая	Средняя	Низкая
– образования сульфатно-кальциевых отложений на конвективных пароперегревателях	Средняя	Низкая	Низкая
– загрязнения поверхностей конвективной шахты	Низкая	Низкая	Низкая
– абразивного износа поверхностей нагрева	Высокая	Высокая	Высокая

В приложении приведены материалы о практическом использовании результатов.

Выводы

1. Зольность таловского угля изменяется в большом диапазоне, соответственно этому содержание минеральных компонентов также характеризуется широким диапазоном значений и описывается корреляционными зависимостями: $SiO_2 = 13,22 \ln(A^d) + 12,09$; $Fe_2O_3 = 33,823 \cdot (A^d)^{-0,4792}$; $Al_2O_3 = 0,0057(A^d)^2 - 0,3069A^d + 27,602$; $CaO = -10,911 \ln(A^d) + 46,375$; $MgO = -1,2884 \ln(A^d) + 5,803$. В целом таловский уголь характеризуется как “несоленый”, с кислым составом золы.

2. Преобладающая доля минеральной части угля представлена внешними минеральными примесями. При этом основным золообразующим элементом угля является кремний, а особенности формирования минеральной части создают благоприятные предпосылки к обогащению угля физическими методами.

3. Преимущественная часть кальция и значительная часть магния включены в органическую массу исследуемых углей. Железо и алюминий частично входят в состав внутренних минеральных включений в виде органо-минеральных соединений.

4. Внешняя составляющая минеральной части угля состоит из кварца, пирита, гипса, глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита), а также минералов группы полевых шпатов (плагиоклазов).

5. Таловский уголь в сыром виде ограниченно пригоден в качестве самостоятельного энергетического топлива. Перспективные варианты его использования связаны с предварительным обогащением физическими методами; с термической подготовкой и переработкой; сжиганием в смеси с другими топливами, например, с “собственным” полукоксом.

6. Выработанные рекомендации по использованию угля как топлива носят справочный характер, соответствуют положениям нормативного метода теплового расчета котельных агрегатов и пригодны для их проектирования на таловском угле.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Ласовская (Казакова) О.А., Курсиш М.В., Николаева В.И. Химический состав лабораторной золы углей Таловского месторождения Томской области. – Труды VII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии”. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. С.92-95.

2. Исследование некоторых теплотехнических свойств углей Таловского месторождения / А.С. Заворин, С.К. Карякин, В.И. Николаева, С.Х. Сиразитдинова, А.Ю. Долгих, О.А. Ласовская (Казакова). – Труды третьей научно-практической конференции “Минеральная часть топлива, шлакование, загрязнение и очистка котлов”. – Челябинск: Изд. , 2001. С.49-52.

3. Долгих А.Ю., Ласовская (Казакова) О.А. Характеристика состава и свойств минеральной части углей Таловского месторождения Томской области – Труды региональной научной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых “Наука, техника, инновация”. Ч. 2. – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2001. С.123-124.

4. Теплотехнические свойства углей Таловского месторождения Томской области / С.К. Карякин, А.С. Заворин, С.Г. Маслов, В.И. Николаева, С.Х. Сиразитдинова, О.А. Ласовская (Казакова) // Известия Томского политехнического университета, 2002, т.305, №2. С.131-136.

5. Казаков А.В., Ласовская (Казакова) О.А., Борнеман С.А. Предпосылки к экспериментальному исследованию пластовой конверсии углей Таловского месторождения. – Труды IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии”. – Томск: Изд. ТПУ, 2003. С.40-41.

6. Казакова О.А. Распределение золы углей Таловского месторождения по фракциям различной плотности. – Труды X Юбилейной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии”. – Томск: Изд. ТПУ, 2004. С.23-24.

7. Заворин А.С., Казакова О.А., Николаева В.И. Физико-химическое фракционирование угля Таловского месторождения. – IV семинар ВУЗов Сибири и Дальнего Востока по теплофизике и теплоэнергетике с совместным пленарным заседанием участников “Тихоокеанского энергетического форума 2005”. – Владивосток: Изд. ДВГТУ, 2005. С.38-39.

Подписано к печати __.__.2006. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Плоская печать. Усл. печ. л. 0,93. Уч.–изд. л. 0,84. Тираж __ экз. Заказ № ____
Цена свободная. ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ №1 от 18.08.94.
Типография, 634050, Томск, пр. Ленина, 30

