

## ОТЗЫВ

официального оппонента Заворина Александра Сергеевича  
на диссертацию Монгуша Григория Романовича  
на тему «Совершенствование энерготехнологической  
переработки спекающихся углей», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.4.6. - Теоретическая и прикладная теплотехника.

### Актуальность темы

Развитие ресурсоэффективных технологий и достижение необходимого уровня энергетической безопасности применительно к регионам являются важными принципами энергетической стратегии Российской Федерации. Для выполнения этих требований в ряде случаев экономически обоснованным направлением может рассматриваться формирование регионального топливно-энергетического баланса за счет вовлечения местных топливных ресурсов. Именно такая ситуация характерна для Республики Тыва, где сосредоточены богатые месторождения каменных углей, а транспортная логистика, которая могла бы обеспечивать доставку извне экологичных видов топлива для энергетического использования в сфере отопительно-бытового и промышленного потребления, пока недостаточно развита. Вместе с тем решение обозначенных вопросов за счет непосредственного сжигания тувинских углей по традиционным технологиям встречает серьезные затруднения, сказывающиеся на надежности и экономичности работы топливосжигающих устройств, особенно при слоевом сжигании. Объясняется это тем, что практически все месторождения на территории республики представлены углями спекающихся марок (Г, ГЖ, Ж, КСН, СС, ОК). Данная особенность угольных ресурсов предопределяет интерес к повышению энергоэффективности и расширению сферы их практического использования путем развития энерготехнологической переработки с получением продуктов, более доступных для применения, в том числе и в энергетических целях. Следует отметить, что немаловажным фактором растущего внимания к энерготехнологическим процессам в регионе, перспективном для угледобычи, является возможность создать условия для становления отрасли по глубокой переработке угля с получением востребованной товарной продукции в виде современных углеродных материалов.

В свете изложенного закономерно констатировать, что тема диссертационной работы Монгуша Г.Р., цель которой определена как «совершенствование процессов комплексной энерготехнологической переработки спекающихся углей с получением различных углеродных материалов» для применения в различных промышленных отраслях, является несомненно **актуальной**. Значимость тематической

направленности диссертации подтверждается ее соответствием одному из направлений «Стратегии научно- технологического развития Российской Федерации» и «Программе развития топливно- энергетического комплекса», определенной постановлением правительства Республики Тыва.

### **Структура и содержание диссертационной работы**

Основные положения и результаты исследований представлены в диссертации в четырех главах, а также во введении, заключении и двух приложениях. Общий объем работы составляет 165 страниц машинописного текста, который включает рисунки, таблицы и список использованных источников из 199 наименований.

**Во введении** в тезисной форме приведены: обоснование актуальности темы, формулировка цели и задач исследования, а также сведения, относящиеся к общей характеристике диссертации. Содержание введения целиком перенесено в автореферат в виде раздела «Общая характеристика работы»

**В первой главе** представлены сведения из опубликованных источников о характеристиках и свойствах каменных углей, влияющих на технологии использования, применительно к маркам спекающихся углей. Представлен обзор способов переработки спекающихся каменных углей, включающий коксование, полукоксование, газификацию, ожижение и экстракцию. Содержится параграф о сжигании спекающихся углей в теплогенераторах, но только в аспекте выбросов в атмосферу канцерогенных веществ (в основном полициклических ароматических углеводородов, включая бензапирен) и сажи, нацеленный в основном на бытовую печную технику и малые отопительные котельные.

Представлен довольно информативный материал о запасах и местоположении угольных месторождений на территории Тувы, не содержащий однако сведений по сути обозначенного содержания в соответствие с названием главы 1. Завершается эта глава вполне квалифицированным анализом имеющихся многочисленных данных для оценки возможных перспектив энерготехнологической переработки тувинских спекающихся углей, который позволил на этой основе поставить задачи диссертационного исследования, в целом соответствующие сформулированной во введении цели.

**Вторая глава** посвящена исследованию влияния характеристик исходных углей на свойства образующихся продуктов при нагреве в широком диапазоне температур (до 1000°C). Исследования выполнены на пробах угля из четырех крупнейших месторождений Тувы марок ГЖ, Ж. Параллельно все эксперименты проводились также на товарных пробах неспекающихся углей марок Б и Д, что позволило при сравнении результатов достаточно достоверно выявить особенности спекающихся

тувинских углей. При этом получены теплотехнические характеристики стандартными методами, элементный состав – на универсальном анализаторе, молекулярный состав – ИК-спектроскопией. Основную часть экспериментов составили комплексные термические анализы, проведенные на синхронном термоанализаторе в воздушной среде, с одновременной регистрацией выделяющихся при нагревании продуктов с помощью ИК-приставки.

Для получения достаточного выхода продуктов термодеструкции углей для исследования их свойств выполнены эксперименты на лабораторной установке, воспроизводящей поддержание избыточного давления за счет удержания выделяющихся в ходе пиролиза летучих веществ. Получаемые углеродные материалы незначительно теряют в теплотворной способности, но являются малосернистыми и малоазотистыми, а в составе конденсируемых жидких продуктов (смола) отмечено содержание полиароматических углеводородов.

**Третья глава** по направленности содержания и разноплановости имеет центральное значение в рассматриваемой диссертационной работе. Исследованы варианты и этапы энерготехнологической переработки, возможные в применении к спекающимся углям.

Одним из них является разделение рядового угля на фракции различной плотности, которое показало возможность обогащения исследуемых углей трех месторождений как эффективного способа подготовки продуктов для целевого использования при последующей переработке с получением углеродных сорбентов из легкой фракции, бытового бездымного топлива – из тяжелой фракции, полукокса и кокса – из промежуточной фракции.

Наиболее последовательно в данной главе представлены исследования, направленные на получение и использование брикетов из спекающихся углей. Определены технологические параметры и состав шихты для формования прочных брикетов. Установлено изменение свойств брикетного топлива – уменьшение структурных показателей ароматических веществ и спекаемости, что способствует снижению выхода вредных составляющих с дымовыми газами и более полному сгоранию. Последнее подтверждено экспериментами на огневом стенде при сжигании рядового угля марки ГЖ и изготовленных из него брикетов. Разработана принципиальная технологическая схема брикетирования и выполнена оценка экономической эффективности углебрикетного производства. Намечено направление утилизации золы, образующейся при сжигании спекающихся углей.

Представлены эксперименты по обработке углей марок ГЖ и Ж растворами щелочи, в результате которых обоснована технология щелочной обработки спекающихся углей, перспективная в сочетании с последующей карбонизацией для производства углеродных материалов

с повышенной пористостью и тем самым обладающих сорбентными свойствами.

**В четвертой главе** изложены исследования высокотемпературного (при 900<sup>0</sup>С) пиролиза спекающихся углей в лабораторной установке. Процесс состоял в нагреве до конечной температуры со скоростью 10 град/мин и последующей выдержке при этой температуре в течение 3 часов. За счет выделения летучих и их удержания в реакторе установки создавалось избыточное давление вплоть до 15,6 МПа. Исследования получаемых углеродных остатков выявили особенности влияния специфики высокотемпературного пиролиза под давлением собственных летучих веществ на формирование свойств получаемого продукта, в частности, на появление углеродных структур в виде различных конденсированных фаз углерода с уплотненной массой, которые представляют самостоятельный интерес в качестве ценного сырья для дальнейшей переработки.

Для математического моделирования процесса образования углеродного остатка по данной технологии привлечен метод Монте-Карло, реализованный в программной среде Microsoft Visual studio 2022. Расчетные результаты подтвердили данные, полученные в экспериментах.

**В заключении** по диссертации приведено обобщение главных результатов работы, изложенное в шести развернутых выводах.

**В приложения** включены материалы, относящиеся к использованию результатов диссертационной работы.

### **Научная новизна**

1. Расширена и дополнена база знаний о свойствах спекающихся углей тувинских месторождений характеристиками, которые необходимы для выработки решений экологической направленности по проектированию и организации энерготехнологической переработки. В том числе представлены данные о содержании ароматических структур в составе органической массы, способствующих повышенному выбросу полиароматических углеводородов и монооксида углерода при энергетическом использовании углей по традиционным технологиям.
2. Установлены экспериментально технологические параметры для изготовления из спекающихся углей марки ГЖ брикетного топлива, обладающего улучшенными свойствами по сравнению с рядовым углем при использовании в отопительной технике.
3. Применительно к спекающимся углям тувинских месторождений экспериментально обоснованы возможности щелочной обработки и ее параметры для получения углеродных сорбентов, перспективных для использования в системах водоподготовки и для очистки промышленных стоков.

4. Оригинальные результаты для развития теплотехнологии углеродных материалов, полученные в экспериментальных условиях высокотемпературного пиролиза спекающегося угля под давлением собственных летучих веществ, подтверждены средствами математического моделирования, которые также выявили взаимосвязи характеристик продуктов пиролиза и режимных параметров, открывая тем самым возможности разработки принципов управления процессом.

#### **Практическая значимость**

Направленность на практическое использование результатов исследований является, по нашему мнению, наиболее сильной стороной рассматриваемой диссертационной работы. Представленными в ней исследованиями доказана перспективность развития в Республике Тыва комплексных энерготехнологических производств на основе местных ресурсов спекающихся каменных углей с выработкой целого ряда товарных продуктов различного назначения, востребованных не только в своем регионе. В связи с этим результаты и основные положения диссертации могут стать методическим вкладом в разработку технологических схем и проектирование теплотехнических установок по энерготехнологической переработке спекающихся углей тувинских месторождений, которая обеспечит для республики несомненный эффект в социальной, экономической и природоохранной сферах.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается приведенными в приложениях материалами об ее использовании: акты о внедрении результатов от Министерства топлива и энергетики Республика Тыва и от мэрии г. Кызыла.

#### **Достоверность результатов и выводов**

Достоверность результатов и выводов базируется на обоснованности выбора и применении современных методов исследований, на использовании стандартизированных методик, лицензированных систем обработки данных, действующих нормативных документов, подтверждается удовлетворяющим соответствием полученных автором результатов с исследованиями других ученых в данной области знаний, а также тестовой апробацией для принятия к внедрению.

#### **Публикация и апробация результатов**

Научно-техническую значимость и новизну полученных в исследованиях по теме диссертации результатов свидетельствуют 27 публикаций с 2015 по 2022 годы, среди которых 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования диссертационных

исследований, 1 статья, проиндексированная в международной базе цитирования Web of Science.

Основные положения и результаты были представлены с 2011 по 2022 годы на двадцати конференциях, среди которых 16 российских международных и с международным участием и 1 зарубежная.

Материалы диссертации опубликованы достаточно полно и прошли широкую апробацию.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### **Замечания по диссертационной работе**

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. В диссертации (стр. 4, 24) и автореферате (стр. 3) указано, что «каждое угольное месторождение имеет особенности, характерные только для конкретного угледобывающего предприятия, которые необходимо учитывать при переработке углей». Означает ли это, что полученные в диссертации результаты ограничены к использованию на спекающихся углях других месторождений, в том числе за пределами Республики Тыва?
2. Утверждение о том, что сульфидная сера входит в состав органической массы углей (стр. 50) является спорным, и не подкреплено соответствующими экспериментальными результатами.
3. Не строгое употребление терминов, например (стр. 13 автореферата и стр. 89, 99 диссертации): «Механический недожог... снижается с 60% до 34%» не позволяет понимать, о чём идёт речь: то ли о потере тепла с механическим недожогом, то ли о содержании горючих в шлако-золовых остатках.
4. Отсутствуют данные об изменении свойств брикетного топлива при хранении, в том числе при открытом складировании.
5. Преимущества сжигания брикетного топлива могли быть убедительно доказаны при проведении теплотехнических испытаний теплогенератора по методу прямого баланса, что не сделано в диссертационной работе.
6. Не приведен анализ погрешностей всех измерений, что при экспериментальном характере исследований является очень важным.
7. В диссертации встречаются досадные оформительские огрехи. Например, в нумерации пропущен рис. 41, но дважды пронумерован рис. 42. Вследствие этого ссылки на рисунки смещены относительно фактических номеров рисунков на страницах 46, 110, 113, 123.
8. В тексте много грамматических несоответствий.

## Заключение о соответствии диссертации критериям

Диссертация Монгуша Григория Романовича соответствует специальности 2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника, является завершенной научно - квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки по развитию комплексной энерготехнологической переработки каменных углей спекающихся марок применительно к месторождениям Республики Тыва, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор, Монгуш Григорий Романович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой- руководитель

научно-образовательного центра

И. Н. Бутакова на правах кафедры

Инженерной школы энергетики,

Федеральное государственное

автономное учреждение высшего

образования «Национальный

исследовательский Томский

политехнический университет»,

доктор технических наук, профессор



А. С. Заворин

29. 04. 2023г.

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Телефон: +73822-701777 доб. 1612

e-mail: [zavorin@tpu.ru](mailto:zavorin@tpu.ru)

Я, Заворин Александр Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Монгуша Григория Романовича, и их дальнейшую обработку.

Подпись Заворина А.С. удостоверяю

Ученый секретарь ФГАОУ ВО НИИ ТПУ

Е.А. Кулинич

