

## ОТЗЫВ

официального оппонента Ашурзода Наимджона Амонкул на диссертационную работу Бахриддинзода Шохина Бахриддина на тему «Термолиз и газификация угля Фон-Ягнобского месторождения», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5. Химическая технология (материалы и металлургия) (2.5.1. Технология неорганических веществ).

Национальная стратегия развития Республики Таджикистан до 2030 года определяет цели по развитию экономики, включая энергетическую независимость и ускоренную индустриализацию, в том числе приоритетное развитие угольной промышленности. Рост интереса к углю как безальтернативному энергоносителю объясняется отсутствием добычи природного газа и нефти, его низкой стоимостью и широким распространением месторождений.

Автор провёл фундаментальное исследование, объединяющее теоретические разработки, экспериментальные исследования и инженерные решения, направленные на оптимизацию технологических процессов и получение товарной продукции из угля. Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, характеризуется комплексным подходом и гармоничным сочетанием теоретического моделирования с экспериментальной проверкой, результаты предложены к внедрению.

**Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности**  
Область научной работы согласуется с направлением, соответствующее паспорту специальности 2.5. Химическая технология (материалы и металлургия) (2.5.1. Технология неорганических веществ) по пунктам:

- пункт 1 - производственные процессы получения неорганических продуктов (в исследовании рассмотрены и разработаны технологические

процессы получения неорганических продуктов при комплексной переработке угля Фон-Ягнобского месторождения);

- пункт 2. - технологические процессы изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материала (в работе исследованы химические и физико-химические процессы термолиза и газификации угля);

- пункт 3. - способы и процессы защиты окружающей среды от выбросов производств неорганических продуктов, утилизация и обезвреживание неорганических производственных отходов (в работе разработаны и обоснованы способы снижения экологической нагрузки при переработке угля за счёт реализации технологии с утилизацией летучих и смолистых веществ, использованием золы угля и процессов получения генераторного газа с минимизацией вредных выбросов);

- пункт 4. - способы и средства разработки, технологических расчётов, проектирования, управления технологическими процессами (в работе разработана конструкция двухступенчатого реактора-газогенератора, выполнены технологические расчёты процессов термолиза и газификации угля, а также сформулированы методы управления тепловыми и материальными потоками).

Диссертация посвящена разработке технологических схем комплексной переработки угля Фон-Ягнобского месторождения, изучению его состава и свойств, процессов термолиза и газификации, а также определению оптимальных условий получения целевых продуктов. Работа отражает специфику химико-технологических дисциплин и ориентирована на решение прикладных задач переработки угля, соответствуя профилю науки и направлению «Технология неорганических веществ».

**Актуальность темы** определяется необходимостью индустриализации экономики и создания новых предприятий по переработке сырья, а также ростом потребности в энергоносителях, высокой стоимостью их производства и экологическими проблемами, что обосновывает разработку экологически чистых и малоотходных технологий получения энергии из угля.

Работа Бахриддинзода Ш.Б. направлена на разработку комплексных технологических решений, позволяющих осуществлять переработку угля с извлечением всех компонентов его состава в виде материалов и химических веществ, а также получать газ с высокой энергетической и химико-металлургической ценностью при одновременном обеспечении экологической безопасности процесса. Исследование имеет стратегическое значение для развития промышленности и охраны окружающей среды.

**Степень научной новизны результатов диссертации и положения, выносимые на защиту.** Научная новизна исследования заключается в следующем:

- проведены термолиз и термогравиметрический анализ угля Фон-Ягнобского месторождения с выделением летучих и смолистых веществ и получением пластифицированного углерода;

- установлено, что выделение летучих и смолистых веществ происходит в интервале температур 90–500 °С, а пластифицированный углерод образуется при температурах 650–700 °С;

- определено, что максимальная скорость убыли массы наблюдается в интервале температур 420–440 °С, что соответствует наиболее интенсивной стадии окислительно-деструктивных превращений органической части угля;

- определён механизм гетерогенных реакций окисления углерода кислородом в среде инертного аргона и в смеси ( $O_2 + N_2$ );

- установлены энергии активации процессов образования и разложения, соответственно  $E_1 = 180$  кДж/моль и  $E_2 = 197$  кДж/моль;

- разработана рациональная технология газификации угля, основанная на предварительном выделении летучих и смолистых веществ и последующей газификации пластифицированного углерода;

- разработана комплексная технология получения восстановительного газа для применения в химико-металлургической отрасли;

- разработана конструкция двухступенчатого газогенератора угля, обеспечивающая в одном устройстве получение углерода (С), летучих и

смолистых веществ, последующую газификацию углерода с получением генераторного газа и золы, а также использование тепла горячего генераторного газа и золы для получения водяного пара, применяемого в процессе газификации углерода.

**Положения, выносимые на защиту:**

- комплексные и безотходные технологии газификации угля для получения энергетических и технологических газов и всех сопутствующих веществ процесса переработки угля;
- научно-технические результаты, способствующие повышению эффективности получения из угля высоко теплотворных энергоносителей;
- современные подходы к переработке угля для получения газов, применяемых в производстве химических соединений;
- комплексное технологическое решение для получения и газификации углеродсодержащих материалов в совмещённом реакторе-газогенераторе;
- рациональные низко энергозатратные условия процесса газификации угля для целей производства материалов и генерации тепла.

**Степень изученности темы** в диссертации отражена достаточно полно. Автор прослеживает развитие исследований от изучения термической переработки угля и его газификации для металлургии и энергетики до систематических работ второй половины XX века, изучавших влияние температуры, скорости нагрева, газовой среды и природы газифицирующих агентов на процессы и выход продуктов. Отмечен акцент на роли петрографического состава и структурных особенностей угля, а также перспективность использования таджикских углей в термолизе и газификации. Вместе с тем угли Фон-Ягнобского месторождения изучены преимущественно в геологоразведочном и топливно-энергетическом аспектах, тогда как их технологическая переработка освещена недостаточно. Исследование Бахриддинзода Ш.Б. восполняет этот пробел и создаёт основу для дальнейших разработок.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики исследования, пяти глав, заключения, выводов и списка использованной литературы, включающего 136 наименований. Диссертационная работа изложена на 149 страницах, включает 21 таблицу, 40 рисунков и приложения объёмом 7 страниц.

**Во введении** представлено обоснование актуальности темы, сформулированы цель и задачи исследования, определена его научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** рассмотрены литературные источники, содержащие сведения о составе и свойствах угля, методах его переработки, применяемом оборудовании, составах газовых смесей, используемых для производства материалов и в качестве энергоносителя, а также определены задачи диссертации.

**Во второй главе** приведены характеристики состава Фон-Ягнобского месторождения, описаны методы исследования процессов термолиза и газификации угля с применением приборов и оборудования.

**В третьей главе** представлены результаты изучения процессов термолиза угля с использованием трубчатой печи и термогравиметрического анализа в инертной (Ar) и окислительной среде (смеси O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>), а также результаты исследования кинетики окисления углерода, полученного в процессе термолиза угля кислородом, и материально-теплого баланса процесса газификации угля.

**В четвёртой главе** приведены результаты разработки технологической схемы газификации угля с многофункциональным назначением, изучения процессов восстановления сульфидов металлов с участием водорода, полученного газификацией угля, а также описана конструкция двухступенчатого совмещённого реактора-газогенератора для оптимального осуществления процесса переработки угля и его газификации.

**В пятой главе** проведено обсуждение полученных результатов исследований. Проанализированы основные закономерности, выявленные в

ходе работы, и уделено внимание интерпретации полученных данных и их практической значимости.

**Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.** Результаты диссертационного исследования обладают теоретической и практической значимостью и используются при расчётах и моделировании процессов термолиза и газификации углей. Практическая ценность работы заключается во внедрении комплексной безотходной переработки угля с получением чистого углерода, энергетического и технологического газа, золы, а также летучих и смолистых компонентов, что обеспечивает эффективное производство с минимальным воздействием на окружающую среду. Выделяемые компоненты могут служить сырьём для материалов, зола для производства цемента и оксидных соединений, а генераторный газ, как энергоноситель и сырьё для синтеза аммиака и минеральных удобрений. Применение двухступенчатого реактора-газогенератора снижает материально-энергетические затраты и повышает управляемость процесса.

**Публикация результатов исследования по теме диссертации.**

Научные результаты прошли широкую апробацию на международных и республиканских конференциях и отраслевых форумах, что подтвердило их актуальность, новизну и прикладное значение. Доказательством научной состоятельности и оригинальности предложенных решений стала значительная публикационная активность автора. По теме диссертационной работы опубликовано 20 статей в отечественных и зарубежных изданиях. Из них 8 статей опубликованы в журналах, рекомендованных перечнем рецензируемых научных изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан, а 9 статей представлены и апробированы на международных и республиканских конференциях, семинарах и форумах. По итогам проведённых исследований получены три патента на изобретения, в том числе два малых патента Республики Таджикистан и один Евразийский патент. Количество и качество публикаций полностью соответствуют установленным

нормативам, определённым документами, регламентирующими порядок присуждения учёных степеней, утверждёнными постановлением Правительства Республики Таджикистан.

**Соответствие диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан.** Диссертация и её автореферат подготовлены в соответствии с требованиями Инструкции по порядку оформления диссертаций и авторефератов, утверждённой постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 27 декабря 2024 года № 493. Структура работы, оформление таблиц, иллюстраций и список литературы полностью соответствуют требованиям ВАК.

**Соответствие научной квалификации соискателя для получения учёной степени.** Научная квалификация соискателя Бахриддинзода Ш.Б. соответствует требованиям к соискателю учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5. Химическая технология (материалы и металлургия) (2.5.1. Технология неорганических веществ). Автор продемонстрировал глубокую теоретическую подготовку, уверенное владение современными физико-химическими методами анализа и способность решать сложные научно-технические задачи, что подтверждает его сформировавшуюся научную компетентность и профессиональную зрелость.

**Диссертационное исследование Бахриддинзода Ш.Б. подтверждает точку зрения, что его работа представляет собой завершённое самостоятельное исследование, в котором предложены новые, научно обоснованные подходы к решению актуальной задачи переработки угля, имеющей существенное значение для промышленного развития и экологической безопасности Таджикистана.**

Автор диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267.

Вместе с тем при чтении диссертации и автореферата возникли пожелания, а также вопросы и замечания по работе:

1. Из обсуждения результатов неясно, как качество и химический состав угля Фон-Ягнобского месторождения влияют на эффективность термолиза и газификации. Полезно было бы более подробно осветить эту зависимость.

2. Какое соотношение окислителя и температура газификации угля обеспечивает получение технологического газа, пригодного для применения в химической промышленности, в частности для синтеза аммиака и карбамида?

3. В третьей главе рассматривается механизм процесса окисления углерода. Общая скорость реакции зависит от скорости лимитирующей стадии, протекающей в кинетической области. В этой связи возникает вопрос: чем определяется скорость лимитирующей стадии окисления углерода?

4. В четвертой главе рассматривается вопрос восстановления свинцово-цинкового концентрата водородом, полученным при газификации угля Фон-Ягнобского месторождения. Вместе с тем не ясно, каким образом осуществляется очистка полученного водорода перед проведением восстановления.

5. Проводился ли автором анализ технико-экономической эффективности предлагаемой технологии и её сравнение с существующими промышленными решениями?

6. Рассматривалась ли возможность использования получаемого углерода как высокотемпературного конструкционного материала с высокой тепло- и электропроводностью, низким коэффициентом линейного расширения и высокой термической стойкостью?

7. В чём принципиальные отличия предлагаемой автором технологии газификации угля от ранее применявшейся на ОАО «TALCO»?

Выявленные в процессе рецензирования замечания не оказывают существенного влияния на научную ценность и практическую значимость диссертационного исследования. Они не снижают актуальности работы и не умаляют качества полученных результатов. Диссертация выполнена на

высоком научно-методическом уровне, отличается целостностью и логической завершённостью, а также содержит значимые научные выводы, имеющие как теоретическое, так и прикладное значение.

### **Заключение по диссертации**

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что диссертация Бахриддинзода Шохина Бахриддина на тему: «Термолиз и газификация угля Фон-Ягнобского месторождения», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5. Химическая технология (материалы и металлургия) (2.5.1. Технология неорганических веществ), выполнена на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям пп. 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267, и её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

### **Официальный оппонент:**

Кандидат технических наук, доцент,  
начальник Управления образования  
ГООУ «Бохтарский государственный  
университет им. Носира Хисрава»



Ашурзода Н.А.

Адрес: 735140, Республика Таджикистан, г. Бохтар, улица Вахдат, дом 148.

E-mail: naimjon2008@mail.ru; Тел: 93 407 82 82.

Подпись к.т.н.. доцента Ашурзода Н.А. подтверждаю,

Начальник ОК и СР БГУ имени Н. Хусрава



Нажмидинов М

Адрес: 735140. Республика Таджикистан, г. Бохтар, улица Айни, 67

E-mail: bgu-1978@mail.ru; Тел.: (83222)2-48-63