

## ОТЗЫВ

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

*Актуальность исследования* обусловлена тем, что одной из важнейших проблем современности остаётся обеспечение страны энергией. Она имеет не только технический, но и социально-экономический характер и требует решения с учётом индустриализации, охраны атмосферы и обеспечения экономики доступными энергоносителями.

Для энергетической безопасности необходимо использовать местные ресурсы. Таджикистан импортирует природный газ и нефтепродукты из соседних стран, что требует значительных затрат. В то же время газ используется и в промышленности, например, при производстве аммиака на ОАО «Азот», где зимой наблюдаются перебои поставок. Альтернативой может стать использование местного угля и его газификация - процесс преобразования твердого топлива в газообразные энергоносители, заменяющие дорогой природный газ.

Согласно Национальной стратегии развития до 2030 года, приоритетом является энергетическая независимость и развитие угольной промышленности. Уголь - наиболее доступный и недорогой источник энергии, широко распространённый в регионах страны.

Развитие индустриализации требует внедрения экологически чистых и ресурсосберегающих технологий переработки угля. Отказ от прямого сжигания в пользу процессов конверсии и газификации позволит получать газообразные энергоносители ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) и химическую продукцию, обеспечивая устойчивое промышленное развитие.

**Степень изученности научной проблемы, теоретические и методологические основы исследований** отражены в диссертационной работе достаточно полно и корректно. Отмечено, что научные представления о термическом разложении угля начали формироваться ещё в конце XVIII – начале XIX века и последовательно развивались в трудах отечественных и зарубежных исследователей, что соответствует современным представлениям в области углехимии. Обозначены ключевые этапы развития исследований: от изучения термической переработки угля и его газификации в связи с потребностями газового освещения, металлургии и энергетики до систематических работ второй половины XX века, направленных на установление влияния температуры, скорости нагрева, газовой среды и природы газифицирующих агентов на кинетику процессов и выход продуктов.

Положительно следует оценить акцент автора на роли петрографического состава и структурных особенностей органической и минеральной частей угля в формировании эффективности термической переработки, что соответствует современному уровню знаний. Отдельно отмечено направление, связанное с углями Таджикистана, для которых показана перспективность использования в процессах термолиза и газификации. Вместе с тем в отзыве справедливо подчёркивается, что угли месторождения Фон-Ягноб изучены преимущественно в геологоразведочном и топливно-энергетическом аспектах, тогда как их технологическая переработка методами термолиза и газификации освещена недостаточно. В этом контексте сформулированный автором вывод об актуальности диссертационной работы и необходимости комплексных экспериментальных и теоретических исследований, направленных на научное обоснование рациональных технологий переработки углей месторождения Фон-Ягноб, представляется обоснованным и логически вытекающим из приведённого анализа степени изученности проблемы.

**Связь выполняемого исследования с действующими государственными программами и научно-техническими проектами**

обоснована убедительно. Автор показывает, что тематика диссертационной работы соответствует ключевым стратегическим документам Республики Таджикистан, в том числе Концепции развития угольной отрасли на период до 2040 года (постановление Правительства РТ от 30.08.2019 г. № 436), Государственной стратегии развития «зелёной» экономики на 2023–2037 годы (постановление Правительства РТ от 30.09.2022 г. № 482), предусматривающей внедрение экологически безопасных и энергоэффективных технологий в угольной промышленности, а также положениям Национальной стратегии развития Республики Таджикистан до 2030 года и Программы ускоренной индустриализации на 2020–2025 годы (постановление Правительства РТ от 30.09.2016 г. № 501). Такое позиционирование диссертационного исследования свидетельствует о его соответствии приоритетным направлениям социально-экономического и промышленного развития страны и подчёркивает его практическую значимость.

**Научная новизна** представленной диссертационной работы обоснована и носит завершённый характер.

Во-первых, автором впервые проведены комплексные исследования термолиза и термогравиметрического анализа угля Фон-Ягнобского месторождения с выделением летучих и смолистых веществ и получением пластифицированного углерода. Показаны температурные интервалы выделения летучих и смолистых компонентов (90–500°C) и образования пластифицированного углерода (650–700°C), установлены особенности конденсации компонентов газовой фазы и влияние газовой среды (аргон, кислородсодержащая атмосфера) и скорости нагрева на кинетику убыли массы и выход летучих веществ. Выявлено, что окисление углерода протекает по механизму гетерогенных реакций с образованием промежуточного оксида  $C_2O_4$  и определены энергии активации стадий его образования и разложения.

Во-вторых, разработана рациональная технология газификации угля Фон-Ягнобского месторождения, включающая выделение летучих и смолистых веществ и последующую газификацию пластифицированного углерода

кислородом и водяным паром с получением генераторного газа состава  $\text{CO}:\text{H}_2 = 1:1$ . Показана возможность конверсии оксида углерода с получением дополнительного количества водорода и абсорбционным удалением диоксида углерода, что обеспечивает получение чистого водорода. Автором продемонстрирован конкретный технологический эффект: использование 270 кг  $\text{H}_2$ , полученного из 1000 кг угля Фон-Ягноба, позволяет восстановить и извлечь порядка 27,97 т свинца из 32,3 т галенита месторождения Кони Мансур, что подчёркивает прикладной потенциал разработанной схемы для металлургии.

В-третьих, предложена оригинальная конструкция двухступенчатого газогенератора угля, обеспечивающая в едином аппарате получение пластифицированного углерода и летучих/смолистых продуктов, последующую газификацию углерода с образованием генераторного газа и золы, а также утилизацию тепла горячего газа и золы для генерации водяного пара, используемого в процессе газификации. Отмечу, что предложенный двухступенчатый газогенератор отличается компактностью, сниженным уровнем материальных и энергетических затрат и ориентирован на безотходное и экологически безопасное использование угля, что придаёт работе выраженный инновационный характер.

**Личный вклад соискателя** в полученные результаты, по материалам диссертационной работы, представляется существенным и хорошо прослеживаемым. Соискателю принадлежит определение научного направления исследования, формулирование цели и задач работы, обоснование и выбор методических подходов. Основные эксперименты выполнены автором самостоятельно, им же осуществлены обработка и анализ экспериментальных данных, установление закономерностей и механизмов протекания исследуемых химических процессов.

Следует также отметить участие соискателя в подготовке научных публикаций по теме диссертации, его выступления на научных и научно-практических конференциях, а также самостоятельное оформление и

написание текста диссертационной работы. Всё это в совокупности позволяет сделать вывод о значительном личном вкладе автора в решение поставленных научных задач.

### **Оценка содержания диссертации и степени её завершенности.**

Структура и объём диссертационной работы в целом соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям данного уровня. Диссертация включает введение, общую характеристику исследования, пять глав, заключение, выводы, список литературы из 136 наименований, а также приложения; работа изложена на 149 страницах, содержит 21 таблицу, 40 рисунков и приложения объёмом 7 страниц, что обеспечивает достаточную полноту представления полученных результатов.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая значимость работы, что задаёт чёткую логическую основу для дальнейшего изложения.

**Первая глава** носит обзорный характер и содержит анализ литературных источников по составу и свойствам угля, методам его переработки, используемому оборудованию и составам газовых смесей, применяемых для получения материалов и в качестве энергоносителей; в завершение главы корректно сформулированы задачи диссертационного исследования.

**Во второй главе** представлены сведения о составе угля Фон-Ягнобского месторождения и подробно описаны методы исследования процессов термолиза и газификации, а также применённые приборы и установки, что свидетельствует о методической проработанности работы.

**Третья глава** содержит результаты изучения термолиза угля в трубчатой печи, данные термогравиметрического анализа в инертной (Ar) и окислительной (O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) средах, исследование кинетики окисления углерода, полученного при термолизе, а также расчёты материально-теплового баланса

процесса газификации, что обеспечивает целостное представление о протекающих процессах.

**В четвёртой главе** приведены результаты разработки технологической схемы газификации угля многофункционального назначения, исследования процессов восстановления сульфидов металлов водородом, полученным газификацией угля, а также описание разработанной конструкции двухступенчатого совмещённого реактора-газогенератора для оптимального осуществления термоллиза и газификации угля.

**В пятой главе** выполнено обобщение и обсуждение полученных результатов, проанализированы выявленные закономерности, даны их интерпретация и оценка практической значимости, что позволяет говорить о завершённости проведённого исследования и внутренней логической связности диссертационной работы.

**Публикация результатов диссертации.** Публикационная активность соискателя по теме диссертационной работы представляется достаточной и соответствует действующим требованиям. По материалам диссертации опубликовано 20 статей в отечественных и зарубежных изданиях, из них 8 в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан, что свидетельствует о признании полученных результатов научным сообществом.

Кроме того, 9 работ представлены и апробированы на международных и республиканских конференциях, семинарах и форумах, что подтверждает проходимость результатов обсуждения на профессиональных площадках. Важным показателем является также получение трёх патентов на изобретения, включая два малых патента Республики Таджикистан и один Евразийский патент, что подчёркивает прикладной и инновационный характер выполненных исследований.

**Соответствие диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан.** Диссертация и её автореферат подготовлены в соответствии с требованиями Инструкции по

порядку оформления диссертации и автореферата диссертации, утвержденной постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 27 декабря 2024 года, №493. Структура, оформление таблиц, иллюстраций и список литературы полностью соответствуют требованиям ВАК.

**Соответствие научной квалификации соискателя для получения ученой степени.** Научная квалификация соискателя Бахриддинзода Ш.Б. соответствует требованиям к соискателю ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5. Химическая технология (материалы и металлургия) (2.5.1. Технология неорганических веществ). Автор показал высокий уровень теоретической подготовки, владение современными методами физико-химического анализа и умение решать сложные научно-технические задачи, что свидетельствует о его сформулировавшейся научной школе и профессиональной зрелости.

**Диссертационное исследование Бахриддинзода Ш.Б. поддерживается той точки зрения, что** его работа является завершенным самостоятельным исследованием, в котором получены новые, научно обоснованные решения актуальной проблемы переработки угля, имеющих важное значение для промышленного и экологического развития Таджикистана.

Автореферат диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

Следует отметить, что выполненная соискателем большая исследовательская работа не лишена отдельных замечаний, выявленных в процессе ознакомления с диссертацией и её авторефератом. К ним, в частности, относятся следующие.

1. Представляется целесообразным более чётко и дифференцированно описать используемые методы применительно к решению каждой из поставленных в работе задач.

2. Процессы термоллиза и газификации угля рассмотрены достаточно подробно, однако сравнительный анализ с результатами исследований по углям

других месторождений (не только Фон-Ягнобского) мог бы быть расширен, что повысило бы обобщающую ценность сделанных выводов.

3. Представленные в диссертации расчёты материально-теплового баланса газификации в целом выглядят корректными, однако вопросы оценки возможных погрешностей и допущений рассмотрены недостаточно подробно, что затрудняет полноту оценки точности предложенных технико-экономических показателей.

4. В автореферате диссертации крайне кратко отражены вопросы теплового баланса процесса термолиза, что не в полной мере позволяет судить о полноте и глубине соответствующей части исследования.

5. При изложении результатов по кинетике окисления углерода и механизму образования промежуточных продуктов было бы полезно более развёрнуто сопоставить полученные значения энергий активации с данными других авторов и обсудить возможные причины наблюдаемых расхождений.

6. Несмотря на то что автор убедительно демонстрирует высокий прикладной потенциал использования водорода для восстановления сульфидов металлов, вопросы масштабирования предложенных решений до промышленного уровня, а также детальная оценка их экономической эффективности освещены недостаточно полно.

7. В обзорной первой главе использован достаточно широкий круг литературных источников, однако доля новейших публикаций последних 3–5 лет могла бы быть увеличена, что позволило бы более чётко позиционировать выполненную работу в контексте современного уровня развития исследуемого направления.

Считаю необходимым подчеркнуть, что высказанные замечания носят уточняющий и рекомендательный характер, не умаляют достоинств диссертационной работы и не снижают её безусловной научной и практической ценности.

Диссертационная работа Бахриддинзода Шохина Бахриддина на тему: «Термолиз и газификаций угля Фон-Ягнобского месторождения» является

завершённой научно-исследовательской работой, которая по актуальности поставленных целей и задач, уровню их решения, достоверности, научной новизне, выводам и практическим рекомендациям соответствует требованиям «Порядка присуждения ученых степеней и Порядка государственной регистрации защищённых диссертаций», утверждённого Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30.06.2021 №267, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Её автор, Бахриддинзода Ш.Б., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5. Химическая технология (материалы и металлургия) (2.5.1. Технология неорганических веществ)

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук, доцент,

заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин

Горно-металлургического института Таджикистана  Ходжизода С.К.

Адрес: Республика Таджикистан, 735730, Таджикистана, г.Бустон, ул. Х. Шерози 6, тел: +992927320841, e-mail: [saidmukbil@mail.ru](mailto:saidmukbil@mail.ru)

Подпись д.т.н. Ходжизода С.К. заверяю.

Начальник управления кадров и специальных работ

Горно-металлургического

института Таджикистана

Адрес: Республика Таджикистан, 735730, Таджикистана, г.Бустон, ул. А.Баротова 6, тел: +992 (83451) 5-01-75, e-mail: [gmit\\_tajikistan@mail.ru](mailto:gmit_tajikistan@mail.ru)



Муминова Д.М.

27.02.2026г.