

УДК 62-634.2+62-634.8

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/111/19>

СОЗДАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПИРОЛИЗНЫХ СМОЛ И ПИРОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИИ

©*Абдалиев У. К.*, ORCID: 0000-0002-8994-722X, канд. техн. наук, Ошский технологический университет; Институт природных ресурсов южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Ош, Кыргызстан, abdaliiev.u@mail.ru

©*Ысманов Э. М.*, канд. техн. наук, Институт природных ресурсов южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Ош, Кыргызстан, Moidunov.1960@mail.ru

©*Урмат кызы Ж.*, ORCID: 0009-0005-8576-306X, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, jyldyzkalmamatova.11@gmail.com

©*Ташполотов Ы.*, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-код: 2425-6716, д-р физ.-мат. наук, Институт природных ресурсов южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики; Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru

CREATION OF A COMPOSITE SYSTEM BASED ON PYROLYSIS RESINS AND PYROGENETIC WATER USING THE CAVITATION EFFECT

©*Abdaliev U.*, ORCID: 0000-0002-8994-722X, Ph.D., Osh Technological University; Institute of natural resources in the southern branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, Kyrgyz Republic, abdaliiev.u@mail.ru

©*Ysmanov E.*, Ph.D., Institute of natural resources in the southern branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, Kyrgyz Republic. Moidunov.1960@mail.ru

©*Urmat kyzy Zh.*, ORCID: 0009-0005-8576-306X, Institute of natural resources in the southern branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, Kyrgyz Republic, jyldyzkalmamatova.11@gmail.com

©*Tashpolotov Y.*, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-code: 2425-6716, Dr. habil., Institute of natural resources in the southern branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic; Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic. itashpolotov@mail.ru

Аннотация. В качестве основного сырья взят уголь угольных бассейнов южного региона Кыргызстана (Узген Кара-Дёбе, Алай Зак-Кашкасуу, Кадамжай Бель-Алма, Сулюктинский разрез №4), а на основе полученной продукции из него предусматривается создание композиционных систем в качестве топлива. В проведенных экспериментах помещали в реактор 1 кг предварительно взвешенного угля для определения выделения летучих веществ, а затем угля подвергается медленному пиролизу обеспеченном герметичност в реакторе, до заданной температуры. Пиролиз бурого угля проводили в при 100-550°C по каждом 50°C шагом, и каменного угля проводили при 100-1100°C по каждому 50°C шагом до прекращения выделения жидких и газообразных продуктов. Теплотворную способность углей определяли колориметрической бомбой. На основе эффекта кавитации создана устойчивая композиционная система, состоящая из порошки угля 10 микрон + каменноугольной смолы + пирогенетической воды + воды + пластификаторов. Установлено, что эффект кавитации высок для получения однородной, стабильной, дисперсной композиционной системы. Напряжения 16 Вт достаточно для того, чтобы произошел процесс горения, а повысить КПД при горении можно на 4-6% за счет запотевания хромированной

змеевика, нагретой до 4000С, и это принесет экономическую выгоду. При горении содержание вредных веществ (CO, H₂S, NO, SO₂, C₂-C₁₂) выделяется в количестве, не превышающей норму ПДК.

Abstract. In this work, coal from the coal basins of the southern region of Kyrgyzstan (Uzgen Kara-Debe, Alay Zak-Kashkasuu, Kadamjai Bel-Alma, Sulyukta open-pit mine No.4) is taken as the main raw material, and on the basis of the products obtained from it, it is envisaged to create composite systems as a fuel. In the experiments, we placed 1000 g of pre-weighed coal in a reactor to determine the release of volatile substances, and then subjected it to slow pyrolysis to a given temperature in a stainless steel reactor, ensuring tightness. Pyrolysis was carried out for brown coal from 100 ° C to 550 ° C and for hard coal from 100 ° C to 1100 ° C, i.e. it was carried out until the release of liquid and gaseous products ceased. The calorific value of coals was determined by a colorimetric bomb. Based on the cavitation effect, a stable composite system was created, consisting of 10 micron coal powder + coal tar + pyrogenetic water + water + plasticizers. It was found that the cavitation effect is high for obtaining a homogeneous, stable, dispersed composite system. Voltage of 16 volts is enough for the combustion process to occur, and the efficiency during combustion can be increased by 4-6% due to fogging of the chrome coil heated to 400⁰C, and this will bring economic benefits. During combustion, the content of harmful substances (CO, H₂S, NO, SO₂, C₂-C₁₂) is released in an amount that does not exceed the norm.

Ключевые слова: пиролиз, реактор, пирогенетическая вода, смола, кокс, кавитация, форсунка.

Keywords: pyrolysis, reactor, pyrogenetic water, resin, coke, cavitation, nozzle.

Технология и процесс пиролиза каменного угля стех пор практически не изменилась, автооборудование, используемое для данного процесса на против усовершенствовалось. Сегодня в результате длительной эволюции аппаратных и технических решений процесс пиролиза угля отличается довольно высокими энергетическими и экологическими показателями. Следует упомянуть, что пиролиз каменного угля зависит типа продуктов, которые необходимо получить конечном итоге. Низко температурный пиролиз (полукоксование) обычно производится при 500-600 градусов по шкале цельсия. А высоко температурный пиролиз (или коксование) — производится при 900-1000⁰C. Продукты пиролиза каменного угля является твердые, жидкие, жидкие-газообразные. Основным жидким продуктом пиролиза каменного угля является каменноугольная смола — черный жидкий продукт представляющий собой сложную смесь органических соединений [1].

При нагревании твердого топлива происходит разложение термически нестойких молекул органических веществ горючей массы и углеводородистых. Оставшийся после термического разложения углерода вместе с минеральными примесями образует твердый нелетучий остаток, называемый коксом. Так как количество выделяющихся летучих веществ зависит от температуры и продолжительности нагрева, то при определении выхода летучих веществ температурный режим, условия и продолжительность нагрева топлива регламентированы. При экспериментальном определение выхода летучих веществ навеску аналитической (воздушно-сухой) пробы топлива выдерживают в муфельной печи без доступа воздуха при температуре 830-870⁰C [2].

При перегонке каменно угольной смолы выделяются следующие фракции:

а) легкое масло (при нагревании до 170°C). Оно состоит преимущественно из ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилола);

б) среднее масло ($170\text{-}230^{\circ}\text{C}$) содержит фенолы, нафталин, пиридиновые основания;

в) тяжелое масло ($230\text{-}270^{\circ}\text{C}$). Из этой фракции выделяют крезолы, ксиленолы, нафталин, хинолин и др;

г) антраценовое масло ($270\text{-}340^{\circ}\text{C}$) состоит из антрацена, фенантрена, и других многоядерных углеводородов, после отгонки этих фракций остается пек [2, 3].

В процессе высоко термического пиролиза каменного угля Узгенский бассейн (Чангент, Кара-Добо) место рождения процентное содержание смолы 0,5% [4].

Экспериментально исследовано выход продуктов полукоксовании, низкотемпературных режиме бурых улей Алайского месторождения (Кожокелен, Сарымогол, Кичи-Алай) содержание смолы составляет 5-6,4%. Кызыл-Кийского месторождение содержание смолы составляют 8,2%, Абшырского месторождения содержание смолы составляют 7,3%. Кадамжайского (Бел-Алма) месторождения содержание смолы составляют 5,4%. Приведено исследование качественного и количественного состава газообразных и жидких продуктов термической деструкции при температуре 700°C . Выход первичной смолы T_{sk}^a и пирогенетическая воды W^a а так же выход твердого остатка пиролиза S_k^a и газообразных продуктов низко температурного пиролиза определяли весовым методом. Выход смолы составляет 12,6% [4].

Предложена технология ожижения органической массы угля в органическом растворителе путем воздействия на исходную смесь (уголь+органический растворитель) экстермальных физических воздействиях: гидродинамической кавитации, электромагнитного излучения, ультразвука и др. Процесс необходим для глубокой переработки угля [5].

Представленный обзор демонстрирует актуальность использования кавитационных технологий в различных областях науки и техники для решения важных практических задач и, как следствие, продолжения их всестороннего изучения. На основе рассмотренных публикаций можно сделать вывод, что наиболее эффективным для практического применения является гидродинамическая кавитация [5].

В высоко вязких мазутах содержится вода в виде отдельных местных скоплений. Исследование в качестве топлива специально приготовленных вода-мазутных эмульсий является одним из эффективных методов, позволяющих решить эту проблему [8].

Установлено, что при кавитационной и механоактивационной обработке возможно получение устойчивых суспензий, содержащих жидкие углеводороды, уголь и воду. Наличие воды в суспензии интенсифицирует сгорание угля, содержащегося в смеси. Топливные композиции ВНЭ+уголь+вода, приготовленный кавитацией воспламеняются практически мгновенно. У всех смесей наблюдается интенсивное кипение, сопровождающееся выносом частиц угля и сгоранием в факеле пламени. С увеличением доли угля в смеси увеличивается время горения угля и время горения всей смеси. Для получения композиционной системы с высоким содержанием угля $>30\%$ предпочтительно использовать метод кавитационной обработки. Существенное увеличение полноты сгорания суспензий, содержащих жидкие углеводороды, уголь и воду, полученных кавитационной и механоактивационной обработкой может быть достигнуто при введении в смесь 20% воды [7, 9].

К перспективным направлениям переработки тяжелого углеводородного сырья относится использование различных физических методов (кавитации механохимия и др.), которые могут воздействовать на химикотехнологические процессы деструкции и гидрирования. Кавитация используется только для крекинга углеводородов, входящих в состав нефтяного сырья [10, 11].

В настоящее время существует возможность использования кавитации для интенсификации крекинга первичной каменно угольной смолы. Однако сведения об использовании кавитации при крекинге средней фракции каменноугольной смолы, содержащей смесь полиароматических углеводородов (ПАУ), и исследований кинетики в литературе незначительны, кавитации. Каменноугольная смола, полученная из угля, отличается от первичной каменноугольной смолы (ПКС) высоким содержанием ПАУ и низким содержанием фенолов. ПКС получают в условиях, исключающих высокотемпературный пиролиз угля, а каменноугольную смолу-при высокотемпературном пиролизе угля [12].

Экспериментальная часть

В качестве исходного сырья использовали угли южного района Кыргызстана, Узгенский (Кара-Добо), Кичи-Алайский (Зак-Кашкасуу), Кадамжайский (Бел-Алма), Сулюктинский (шахта №4). Для определения выхода смолы, проба должен быть воздушно-сухой. Исходный уголь в количестве 1 кг помещается в обогреваемого герметичного реактора пиролизной установки. Реактор помещен в контактную трубчатую электропечь.



Рисунок 1. Электропечь



Рисунок 2 Полукокс, пирогенетическая вода, смола и газы

Реактор пиролиза позволяет нагревать угольное сырье до температуры, необходимой для термодеструкции, за счет тепла, подаваемого от трубчатой электропечи. Использование такого реактора для пиролизных исследований обеспечивает многофункциональность, возможность точного управления режимами работы устройства, полный анализ исследуемого сырья, получение пиролизной жидкой смолы, пирогенетической воды, газа, кокса и других веществ. В комплексной переработке угля, в установке кроме реактора расположен холодильник служащий для конденсации летучих продуктов пиролиза в сборник жидких продуктов. Уголь в количестве 1 кг помещается в реактор и герметично реактор закрывается. Угля подвергается медленному пиролизу в реакторе, до заданной температуры. Пиролиз бурого угля проводили в при 100-550°C по каждому 50°C шагом, и каменного угля проводили при 100-1100°C по каждому 50°C шагом до прекращения выделения жидких и газообразных продуктов.

Для тепловой обработки на реактор было загружено 1 кг бурого угля. В начальный период процесса коксования в результате физико-химического процесса в угле при температуре до 320°C выделяется влага (100-120°C), а в интервале температур 310-560°C — выделяется часть сорбированных газов, с более глубоким изменением органической массы угля и сопровождается выделением паров смолы, пирогенетической воды, газа и

пластической массы. Теплотворная способность бурого угля определялась с колориметрической колбой [6].

Экспериментальные результаты и анализы

В качестве исходного сырья использовали угли южного района Кыргызстана, Узгенский (Кара-Добо), Кичи-Алайский (Зак-Кашкасуу), Кадамжайский (Бел-Алма), Сулюктинский (шахта №4).

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕЙ

Название углей	Летучесть, %	Смола, %	Пирогенетическая вода, %	Зольность %	Ккал/кг
Кара-Добо	12	5,5	8,2	1,5	7890
Зак-Кашкасуу	27,0	9,0	14,4	11,8	6500
Бел-Алма	25,4	7,1	9,6	7,0	7187
Шахта №4	26,8	8,2	15,6	10,8	6800

Для получения композиционных систем в качестве жидкого топлива использовали измельченный уголь (дисперсностью до 10 мкм) + угольная смола + пирогенетическая вода + вода + пластификаторы. Угольная смола является лиофобный (фобос-боюс) веществом, нормальных условиях не растворяются в воде. Леофобные вещества не могут самостоятельно образовывать водо-эмульсионная вещества. Пирогенетическая вода — это более щелочные вещества, в составе содержится аммиачная вода рН=10. Для получения однородной, дисперсной, композиционной системы в качестве жидкое топлива использовали гидродинамической кавитации [13].

В процессе кавитации композиционных веществ в щелочной среде, в результате экстремального воздействия (турбулентности, пульсация газового пузыря, давление, скорости потока жидкости, ударная волна, электрический разряд в жидкости) — разрушаются. Аммиачная вода ($\text{NH}_4\text{OH}=\text{NH}_3+\text{OH}$) и углеродный связь $-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$ угля и углеводов (содержащихся в составе смолы), процесс заканчивается с образованием ионизации веществ. Топливные композиции угольный порошок+угольная смола+пирогенетическая вода + вода и пластификаторы приготовленные кавитацией загружаем в аппарат с давлением до 3 кг/см^3 [14].

Таблица 2

СОДЕРЖАНИЕ ГАЗОВ ПРИ СЖИГАНИИ КОМПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, мг/м³

Газоанализаторы	NO	H ₂ S	SO ₂	CO	C ₁ -C ₁₂ (сумма углеводов)
Сигна-4	0,32	-	-	-	--
Сигна-4	-	-	-	4,51	-
Сигна-4Э	-	0,0049	-	-	-
Сигна-4М-SO ²	-	-	0,16	-	269
ПДК (в атм. воздухе)	0,4	0,008	0,2	5,0	300

Для горение установлена 16 вольтовая нихромовая спираль и форсунки для образования аэрозоли смеси раствора. При сжигании композитной системы выделяется на 4-6% больше тепла, чем водоугольного и водоэмульсионного топливо. В процессе горения веществ выделяются газообразные вещества. Содержание вредных веществ воздухе (CO, H₂S, NO, SO₂, C₂-C₁₂) определено электрохимическим методом (Таблица 2).

Выводы

На основе эффекта кавитации создана устойчивая композиционная система, состоящая из порошки угля менее 10 микрон, каменноугольной смолы, пирогенетической воды, воды и пластификаторов.

Установлено, что эффект кавитации высок для получения однородной, стабильной, дисперсной композиционной системы.

Напряжения 16 Вт достаточно для того, чтобы произошел процесс горения, а повысить КПД при горении можно на 4-6% за счет запотевания хромированной змеевика, нагретой до 400⁰С, и это принесет экономическую выгоду.

При горении содержание вредных веществ (СО, Н₂С, NO, SO₂, С₂-С₁₂) выделяется в количестве, не превышающей норму ПДК.

Список литературы:

1. Жамалуева А. А. Топлива и теория горения. Грозный, 2021. 70 с.
2. Гюльмалиев А. М., Головин Г. С., Гладун Т. Г. Теоретические основы химия угля. М., 2023. С. 335-458.
3. ГОСТ 18995.7-73 Продукты химические органические. Методы определения температурных пределов.
4. Алдашева Н. Т., Ташполотов Ы. Исследование кинетики низкотемпературного пиролиза бурых углей Алайского и Узгенского месторождений с целью получения коксового газа и смолы // Наука и новые технологии и инновации Кыргызстана. 2017. №4. С. 66-68.
5. Радзюк А. Ю., Истягина Э. Б., Кулагина Л. В., Жуйков А. В. Современное состояние использования кавитационных технологии (краткий обзор) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. №9. С. 209-218.
6. ГОСТ 147-2013 (ISO1928:2009).Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания.
7. Сурков В. Г., Головкин А. К. Сравнительная оценка эффективности механоактивационного и кавитационного способа получения органовадоугольных топлив // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №6. С. 206-208.
8. Балабышко А. М., Зимин А. И., Ружицкий В. П. Гидромеханическое диспергирование. М.,1998. 330 с.
9. Кормилицын В. И., Лысков М. Г., Румынский А. А. Подготовка мазута к сжиганию для улучшения технико-экономических и экологических характеристик котельных установок // Новости теплоснабжения. 2000. №4. С. 19-21.
10. Малолетнов А. С., Кричко А. А., Гаркуша А. А. Получение синтетического жидкого топлива гидрогенизацией углей. М: Недра, 1992. 128 с.
11. Асанов Р. Э., Абдалиев У. К., Ысманов Э. М., Ташполотов Ы. Получение стабильной водоугольной суспензии способом гидродинамической кавитации при разных концентрациях // Известия вузов Кыргызстана. 2017. №7. С. 31-34.
12. Абдалиев У. К., Асанов Р. Э., Сатыбалдыев А. Б. Создание высокоэффективной горелки «Универсал» для композиционных топлив // Тенденции развития науки и образования. 2021. №75. Ч. 2. С. 128-132.

References:

1. Zhamalueva, A. A. (2021). Topлива i teoriya gorennya. Groznyi. (in Russian).
2. Gyul'maliev, A. M., Golovin, G. S., & Gladun, T. G. (2023). Teoreticheskie osnovy khimiya uglja. Moscow. 335-458. (in Russian).

3. GOST 18995.7-73 Продукты химические органические. Методы определения температурных пределов. (in Russian).
4. Aldasheva, N. T., & Tashpolotov, Y. (2017). Issledovanie kinetiki nizkotemperaturnogo piroliza burykh uglei Alaiskogo i Uzgenskogo mestorozhdenii s tsel'yu polucheniya koksovogo gaza i smoly. *Nauka i novye tekhnologii i inovatsii Kyrgyzstana*, (4), 66-68. (in Russian).
5. Radzyuk, A. Yu., Istyagina, E. B., Kulagina, L. V., & Zhuikov, A. V. (2022). Sovremennoe sostoyanie ispol'zovaniya kavitatsionnykh tekhnologii (kratkii obzor). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 333(9), 209-218. (in Russian).
6. GOST 147-2013 (ISO1928:2009). Topливо tverdoe mineral'noe. Opredelenie vysshei teploty sgoraniya i raschet nizshei teploty sgoraniya. (in Russian).
7. Surkov, V. G., & Golovko, A. K. (2016). Sravnitel'naya otsenka effektivnosti mekhanoaktivatsionnogo i kavitatsionnogo sposoba polucheniya organovodaugol'nykh topliv. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, (6), 206-208. (in Russian).
8. Balabyshko, A. M., Zimin, A. I., & Ruzhitskii, V. P. (1998). Gidromekhanicheskoe dispergirovanie. Moscow. (in Russian).
9. Kormilitsyn, V. I., Lyskov, M. G., & Rumynskii, A. A. (2000). Podgotovka mazuta k szhiganiyu dlya uluchsheniya tekhniko-ekonomicheskikh i ekologicheskikh kharakteristik kotel'nykh ustanovok. *Novosti teplosnabzheniya*, (4), 19-21.
10. Maloletnov, A. S., Krichko, A. A., & Garkusha, A. A. (1992). Poluchenie sinteticheskogo zhidkogo topliva gidrogenizatsiei uglei. Moscow. (in Russian).
11. Asanov, R. E., Abdaliev, U. K., Ysmanov, E. M., & Tashpolotov, Y. (2017). Poluchenie stabil'noi vodougol'noi suspensii sposobom gidrodinamicheskoi kavitatsii pri raznykh kontsentratsiyakh. *Izvestiya vuzov Kyrgyzstana*, (7), 31-34. (in Russian).
12. Abdaliev, U. K., Asanov, R. E., & Satybaldyev, A. B. (2021). Sozdanie vysokoeffektivnoi gorelki «Universal» dlya kompozitsionnykh topliv. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, (75), 2, 128-132. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 03.01.2025 г.

Принята к публикации
12.01.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Абдалиев У. К., Ысманов Э. М., Урмат кызы Ж., Ташполотов Ы. Создание композиционной системы на основе пиролизных смол и пирогенетической воды с использованием эффекта кавитации // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №2. С. 151-157. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/111/19>

Cite as (APA):

Abdaliev, U., Ysmanov, E., Urmat kyzy, Zh., & Tashpolotov, Y. (2025). Creation of a Composite System Based on Pyrolysis Resins and Pyrogenetic Water using the Cavitation Effect. *Bulletin of Science and Practice*, 11(2), 151-157. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/111/19>