

lives of the parent and their daughter radionuclides. Both ^{216}Po and thoron have similar accumulative curves. After the chamber is shut, they reach saturation in 6–7 min, and remain nearly constant for the duration of the accumulation period. The activity of thorium decay products and ^{212}Pb accumulates insignificantly, about 6 % of thorium activity because of their long half-life. These specific differences in the regularities of thorium and radon accumulation inside the chamber can be accurately used for flux density measurements. The alpha-particles yield dynamics in figure 8 are caused by ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Bi and ^{212}Po nuclei accumulating inside the accumulative chamber. Gamma-rays and beta radiation yields are caused by ^{212}Pb , ^{212}Bi and ^{208}Tl nuclei accumulating.

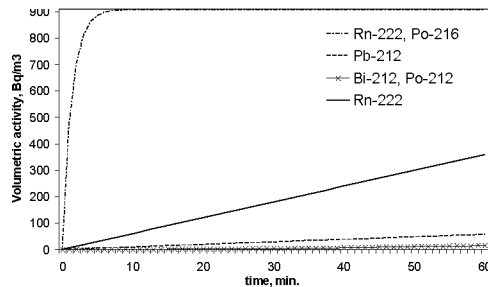


Fig. 7. Radionuclides volumetric activity dynamics inside the accumulative chamber

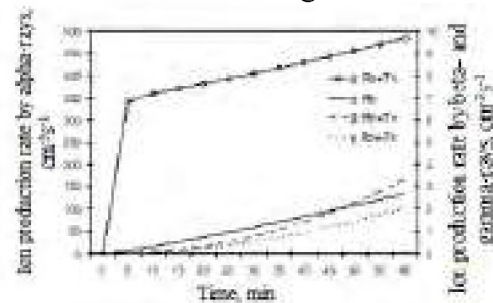


Fig. 8. Dynamics of the rate by which various types of radon, thoron, and their decay products produces ion

The presented works were performed to determine the use of the obtained regularities in the selection and design of a method and device to measure, from the surface of the ground, the flux density of radon. The results showed that because there is only one variable quantity, the soil radon entry K-intensity into the chamber, they have a qualitative character but are effective for quantitative estimation. Furthermore, they are generally beneficial to the measurement-counting regime and can serve as a useful guide for the development of new methods. In addition, the following conclusions can be made for the calculation of the dynamics for radon and its daughter product; for the registration of alpha-radiation: Tn and its daughters' contribution to a detector signal is approximately 80 % if 30 minutes counting and in 60 % if 60 minutes counting. For registration of β -particles and/or γ -rays the contribution, of Tn and its daughters in a detector signal is approximately 25 % if 30 minutes counting and in 15 % if 60 minutes counting. For registration of the number of ions, the contribution of Tn and its daughters in a detector signal is approximately 95 % in the first 10 minutes counting.

Supervisor: Doctor of Technical Sciences V.S. Yakovleva, Professor School of Nuclear Technology Engineering TPU.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ СМЕСЕВЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ

А.К. Берикболов¹, А.Д. Мисюкова¹, С.А. Янковский²
Томский политехнический университет,
ИШЭ, группа 5БМ11¹, доцент НОЦ И.Н. Бутакова²

Аннотация

Приведены результаты экспериментальных исследований процессов термической конверсии смесевых твердых топлив с учетом изменения их влагосодержания с получением трех полезных продуктов: углерод, жидкие углеводороды, синтез-газ. Применена методика приготовления топливных смесей, торфа с древесными отходами путем их смешения для термического разложения с последующим получением полезных продуктов. Эксперименты проводились при температуре 560 ± 2 °С на экспериментальном стенде. Получены синтез-газ, твердый

остаток в виде шлама и жидкие углеводороды. Установлено, что при термическом разложении смеси торфа и древесных опилок в соотношении по массе ТО 25 % / ДО 75 % выход горючих компонент был наиболее высок.

Введение

Запасы нефти и газа в мире постепенно сокращаются, вследствие чего переход к возобновляемым видам ресурсов для промышленности и энергетического комплекса является достаточно перспективным направлением развития. Под возобновляемым углеводородным сырьем обычно понимают различные виды биомассы [1]. Использование отходов переработки растительного сырья (древесных опилок, щепы, стружек) является жизнеспособной альтернативой нефти и потенциальным сырьем для термической переработки. Эффективное использование данных отходов для получения ценного сырья (газообразного топлива) является одной из важнейших задач для энергетиков на сегодняшний день [2]. Один из возможных вариантов решения этой задачи – переработка отходов методом пиролиза совместно с низкосортными видами топлив, например, торфом. Пиротопливо, получаемое по технологии пиролиза, пригодно для прямого сжигания в котлах и способно заменить некоторые невозобновляемые источники энергии [3]. Синтез-газ получаемый при пиролизе смесевых топлив может быть применен в двигателях внутреннего сгорания и в газовых турбинах. Жидкие углеводороды могут стать частичной заменой мазутному топливу. В связи с вышеизложенным переработка смесевых топлив методом пиролиза [4] является достаточно актуальным направлением исследований. Таким образом, разрабатываемая технология в комплексе позволит переработать растительные отходы в местах их возникновения совместно с низкокалорийными топливами в несколько видов полезных продуктов с высокой добавочной стоимостью.

Целью данной работы является исследование процессов термической конверсии смесевых твердых топлив на основе торфа и отходов лесопиления (с изменением доли последней в смеси до 50 %) с мониторингом одного из получаемых полезных продуктов синтез-газа.

Методика экспериментальных исследований

Смесевое топливо было сформировано на основе торфа (Суховское месторождение, Россия), и отходов лесопиления (ООО «Дзержинский ЛПК», Россия).

Методика приготовления топливных компонентов для смеси осуществлялась в лабораторных условиях при температуре 293 К, давлении 101,3 кПа и влажности 75 %. Отходы деревообработки и торфа предварительно очищали от крупных включений и мусора, сушили в течение суток для удаления избыточной влаги при температуре 293 К. Для измельчения торфа и древесных опилок использовался лабораторный измельчитель Stegler LM-1000. Затем при помощи рассева лабораторного РЛ-1 и набора сит (ГОСТ Р 51568-99) отбиралась проба со средним размером частиц: для торфа менее 80 мкм, а для древесных опилок менее 200 мкм. Подготовка навесок топливных смесей осуществлялась при помощи аналитических весов ViBRA NT 84RCE (дискретность измерения – 10^{-4} г), исходя из расчета массы готового состава и соответствующих массовых долей топливных компонент. Эксперименты проводились с разными пропорциями по массе торфа (ТО) и древесных опилок (ДО) в смеси: 1) ТО_100 %; 2) ТО_90 % / ДО_10 %; 3) ТО_75 % / ДО_25 %; 4) ТО_50 % / ДО_50 %; 5) ТО_25 % / ДО_75 %; 6) ДО_100 %. Для смешения топливных компонент и равномерного распределения частиц в смеси проводился процесс перемешивания в течение 7 минут шаровой барабанной мельнице. Полученная однородная смесь, подготовленная в разных пропорциях по массе, помещалась в тигель для эксперимента.

На рисунке 1 приведена схема экспериментального стенда, разработанного для исследования процессов пиролиза топливных композиций.

В первую очередь навеска массой 8 г взвешивалась на аналитических весах (15), после взвешивания помещалась в тигель (3), затем тигель крепили в нагревателе воздуха (1). Тигель с левой стороны крепился на металлический газоотводящий канал (8), и с правой стороны на термопару (4). С помощью нагнетателя воздуха (2), воздух подавался в оздухонагреватель (1), с помощью которого нагревался тигель с навеской до температуры 560°C внутри тигля. После достижения необходимой температуры процесс поддержания температуры осуществлялся до

прекращения формирования газовых компонент, которые прекращали регистрироваться газоанализатором (13). Для осуществления защиты датчиков газоанализатора сформирована система газоочистки от смол и твердых летучих частиц (11,12). Жидкие продукты пиролиза накапливались с помощью системы конденсации в охладителе (9). Проанализированные газовые компоненты после газоанализатора (13) выводились через вентиляцию (16). Принципиальная схема экспериментального стенда приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда, предназначенного для исследования процессов пиролиза топливных композиций:

1 – нагреватель воздуха; 2 – нагнетатель воздуха; 3 – тигель с приготовленной топливной композицией; 4 – термопара; 5 – канал связи с электронным преобразователем сигнала термопары; 6 – электронный преобразователь сигнала термопары; 7 – канал передачи данных с преобразователя сигнала термопары к моноблоку; 8 – газоотводящий канал; 9 – конденсирующее устройство жидких углеводородов; 10 – газоотводящий канал с системой очистки смол и мелкодисперсных частиц, находящийся в газовой среде; 11, 12 – фильтры очистки газа от пыли и смол; 13 – газоанализатор; 14 – моноблок; 15 – аналитические весы; 16 – вытяжная вентиляция

Результаты экспериментальных исследований

Анализ углеродного остатка показал существенное изменение веса диапазон изменений составил 28-30 % от исходной массы топливной навески. Типичные результаты исследования газовых компонент при разложении топливных смесей, приведены на рисунке 2.

Анализ рисунка 2 показал следующие результаты, повышение температуры пиролиза до 560 °С приводит к увеличению интенсивности выделения H_2 (рисунок 2, б). Максимальную подынтегральную площадь показал анализ газов при разложении смеси топлив соотношении по массе равных 50 %, дальнейшее увеличение доли древесной компоненты в смеси не привело к улучшению синергетического эффекта.

На рисунке 2 г, д, наблюдается тот же синергетический эффект по увеличению выхода горючих компонент CO и CH_4 их подынтегральные площади кривых для топливной смеси в соотношении компонент равных по массе существенно больше остальных смесевых топлив. В этом эксперименте при разложении карбоксильной и гуминовой кислоты в макромолекулярной структуре торфа образуется значительное содержание диоксида углерода, что является не совсем положительным для горючих компонент в составе газовой смеси. Однако основные источники CO обширны. К ним относится разложение фенольных гидроксильных и карбонильных групп, а также расщепление эфирных связей, окисгенированных гетероциклов и расщепление короткоцепочечных алифатических углеводов, которые также могут образовывать CO .

Анализ газовых компонент позволяет сделать вывод, что увеличение доли биомассы до 50 % в смеси приводит к существенному синергетическому эффекту формирования горючих газовых компонент, а дальнейшее увеличение доли последней в смеси этот эффект не усиливает, а наоборот даже его снижает, что позволяет сделать вывод, что состав смесевоего топлива на основе торфа и биомассы (отходы лесопиления) наиболее оптимален при соотношении компонент торф / древесина равных по массе.

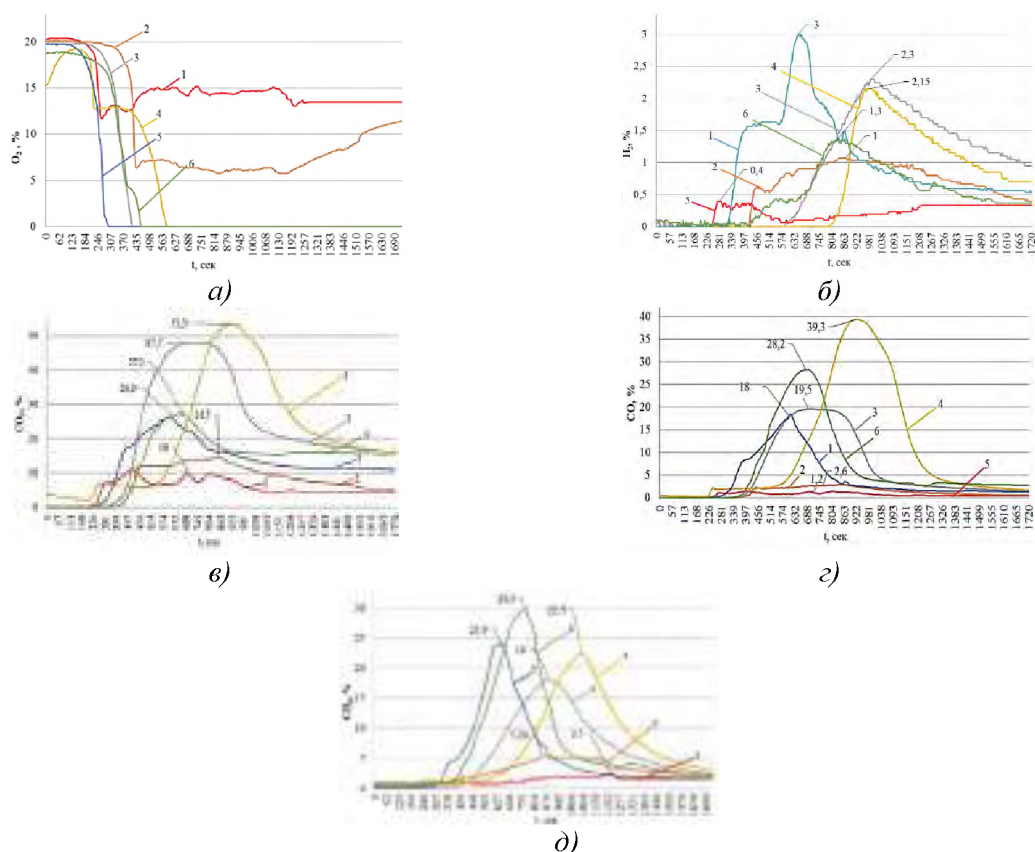


Рис. 2. Изменение зависимости объемных долей газов от времени термического разложения смесевых топлив при разных соотношениях их по массе:

O_2 (а), H_2 (б), CO_2 (в), CO (з), CH_4 (д)

1 – торф_100 %, древесина_0 %; 2 – торф_90 %, древесина_10 %; 3 – торф_75 %, древесина_25 %; 4 – торф_50 %, древесина_50 %; 5 – торф_25 %, древесина_75 %; 6 – торф_0 %, древесина_100 %

Заключение

На основании результатов выполненных экспериментальных исследований процессов термической конверсии смесевых твердых с учетом изменения соотношений топлив с получением трех полезных продуктов, можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение доли древесной биомассы до 50 % в составе смесевое топлива на основе торфа способствует увеличению выделения горючих газов, в частности водорода, метана и оксида углерода;

2. Результаты непрерывного газового анализа показали, что увеличение скорости нагревания положительно сказывается на пиковой температуре, соответствующей максимальной скорости потери массы. На основе анализа экспериментальных исследований можно сделать вывод, что большое влияние на образование CH_4 оказывает температура пиролиза. При более высоких температурах метиленовая группа, связанная с ароматическим соединением в макромолекулярных структурах торфа, может легче реагировать с водородом в образовании CH_4 .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lavrenov V.A., Larina O.M., Sinelshchikov V.A., Sytchev G.A., "High Temperature". – 2016. – Т. 54. – No 6. С. 892-898.
2. Эффективность применения пиролизной технологии для получения альтернативного топлива из местных органических отходов / Г. Н. Узаков, Р. Т. Раббимов, Л. А. Алиярова, С. А. Рахимов // Молодой ученый. – 2014. – No 4. – С. 280-283. – URL: <https://moluch.ru/archive/63/9689/>.

3. Успехи и проблемы производства альтернативных источников топлива и химического сырья. Пиролиз биомассы / Д. Л. Рахманкулов, Ф. Ш. Вильданов, С. В. Николаева, С. В. Денисо // Уфимский государственный нефтяной технический университет. Башкирский химический журнал. – 2008. – Т. 15. – No 2. – С. 17.
4. Li Y. [and others], "Studies on individual pyrolysis and co-pyrolysis of peat–biomass blends: Thermal decomposition behavior, possible synergism, product characteristic evaluations and kinetics" // Fuel. 2022. № PB (310). С. 122280.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта № FZES-2021-0008.

Научный руководитель: к.т.н. С.А. Янковский, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ИМИТИРОВАННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Тавадрос Мина Сами Булес
Томский политехнический университет
ИЯТШ, ОЭЭ, группа 0АМ1И

Процесс эксплуатации атомных электростанций, исследовательских реакторов и прочих объектов, чья деятельность связана с обращением радиоактивных материалов, сопровождается возникновением радиоактивных отходов [1]. Их утилизация (переработка) или захоронение традиционными методами (сжигание или захоронение под слоем почвы) без предварительной обработки запрещена международными требованиями по обращению с радиоактивными материалами [2]. Объясняется это тем, что в случае простого захоронения радиоактивных материалов возможно заражение почвы, грунтовых вод и, как следствие, увеличение объемов радиоактивных материалов [3]. Последние, в виде воды, зараженных растений могут быть употреблены в пищу животными, а впоследствии и человеком [4]. В результате чего возможно их радиационное заражение. В таком случае, возникает необходимость их утилизации с целью дальнейшего нераспространения радиоактивных веществ в окружающей среде. Одним из наиболее перспективных методов утилизации таких зараженных биологических материалов является способ высокотемпературной плазменной переработки [5].

Плазменная переработка материалов позволяет существенно снизить количество материала. А в случае применения такого метода для утилизации радиоактивных материалов возможно существенное сокращение их массы и объема. После этого их уже можно достаточно безопасно захоронить с учетом современных требований [6]. Но при этом, развитие и внедрение таких (плазменная переработка) новых технологий невозможно без фундаментальных исследований. Поэтому целью работы являются проведение экспериментальных исследований утилизации имитированных радиоактивных отходов в высокотемпературной плазме на примере биологического материала животного происхождения.

Экспериментальные исследования выполнены на уникальном оборудовании, позволяющим проводить экспериментальные исследования плазменной обработки материалов в широком диапазоне мощностей [7].

При проведении экспериментов в качестве имитированного зараженного радиоактивного материала использовалась мышечная масса крупного парнокопытного млекопитающего животного. Масса образцов составляла по 2 грамма.

Основные параметры плазменной переработки в тигле приведены в таблице 1. Все образцы обработаны в одном временном диапазоне 40 секунд удержания плазменной дуги над образцом и изменением тока с шагом 12,5 А от 50 до 100 А, установленных на источнике питания. Параметры тигля: