

УДК 662.7

Е.С. Брюханова, А.Г. Ушаков, М.Н. Авдюшкин, К.И. Андрейкина

## ПИРОЛИЗ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ

На кафедре химической технологии твердого топлива и экологии Кузбасского государственного технического университета ведутся работы по получению твердого формованного топлива на основе твердых углеродсодержащих отходов (угольная мелочь и пыль, опилки, стружка и т. д.). В качестве связующего используются: анаэробно переработанные отходы животноводства, свежий и сброженный избыточный активный ил очистных сооружений (kek).

Указанные гранулы могут использоваться в двух направлениях: как бытовое топливо и как сырье для процесса пиролиза. Однако большинство исследователей считают более перспективной технологией переработки углеродсодержащего сырья пиролиз, нежели сжигание. Во-первых, пиролиз термодинамически эффективнее, а во-вторых, позволяет снизить негативное влияние на окружающую среду за счет снижения выноса золы и других загрязнений в атмосферу [1].

Процесс пиролиза – это термическое реагирование, протекающее в органическом веществе, нагретом в отсутствие окислителя до температур, при которых неустойчивыми становятся С-С и Н-С связи, являющиеся прочными при низких температурах [2]. Пиролиз сопровождается такими процессами, как молекулярная ассоциация, изомеризация и т. п. Эти процессы, тесно переплетаясь между собой, образуют сложные сочетания процессов. При этом образуются пирогаз (газообразные), подсмольная вода и смола (жидкие) и карбонизат (твердые продукты) [3].

Объект исследования – топливные гранулы, состоящие из 40 % сброшенного помета и 60% угольного отсева (0-5 мм).

Цель работы – изучение возможности применения гранул в качестве сырья для получения пирогаза и других продуктов пиролиза.

*Задачи работы:*

1. смонтировать лабораторную пиролизную установку;
2. провести пиролиз топливных гранул;
3. определить выход продуктов пиролиза;
4. определить состав проб пирогаза, отобранных в течение эксперимента;
5. проанализировать полученные данные.

Для получения экспериментальных данных по пиролизу топлива из углеродсодержащих отходов создана лабораторная установка (рис.1).

Установка состоит из программируемого муфельного шкафа, реторт, водяного холодильника, приемника для жидких продуктов.

Реторта (рис. 2) представляет собой стальную емкость прямоугольной формы (60x85x190 мм), снабженную крышкой, 8 болтами и штуцером

(внутренним диаметром 15 мм) для отвода парогазовой смеси.

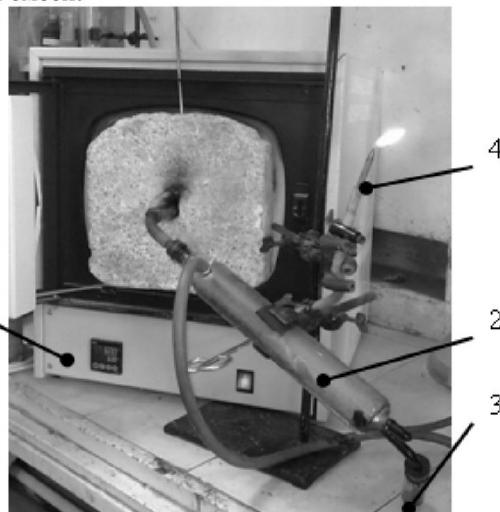


Рис.1. Лабораторная установка пиролиза: 1 – муфельный шкаф; 2 – водяной холодильник; 3 - приемник для жидких продуктов; 4 – свеча для сброса газа

Эксперимент проводили следующим образом. Реторту на 2/3 загружали исследуемыми гранулами, плотно прикручивали крышку болтами, после чего помещали ее в муфель. Собирали установку по вышеописанной схеме.

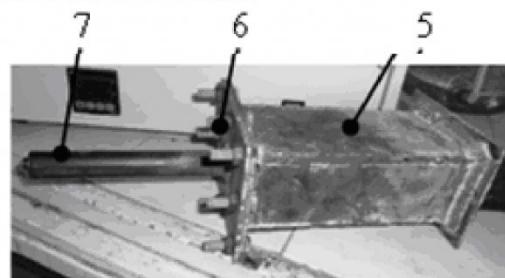


Рис.2. Реторта: 5 – корпус реторты; 6 – крышка реторты; 7 – выходной штуцер реторты

Температурный режим вели следующим образом: нагревали муфельный шкаф последовательно до 400°C, 500°C, 600°C, выдерживая каждую температуру в течение 30 минут. В процессе пиролиза отбирали пробы пирогаза при достижении температур: 400°C, 500°C, 600°C и определяли его горючесть и состав хроматографическим методом.

В процессе пиролиза наблюдали, что при нагреве топливных гранул до 350°C появлялись водяные пары, которые при конденсации в холодильнике образовывали подсмольную воду, стекающую в приемник жидких продуктов. С увеличением температуры пиролиза цвет воды становился насыщеннее, переходя в дальнейшем из яр-

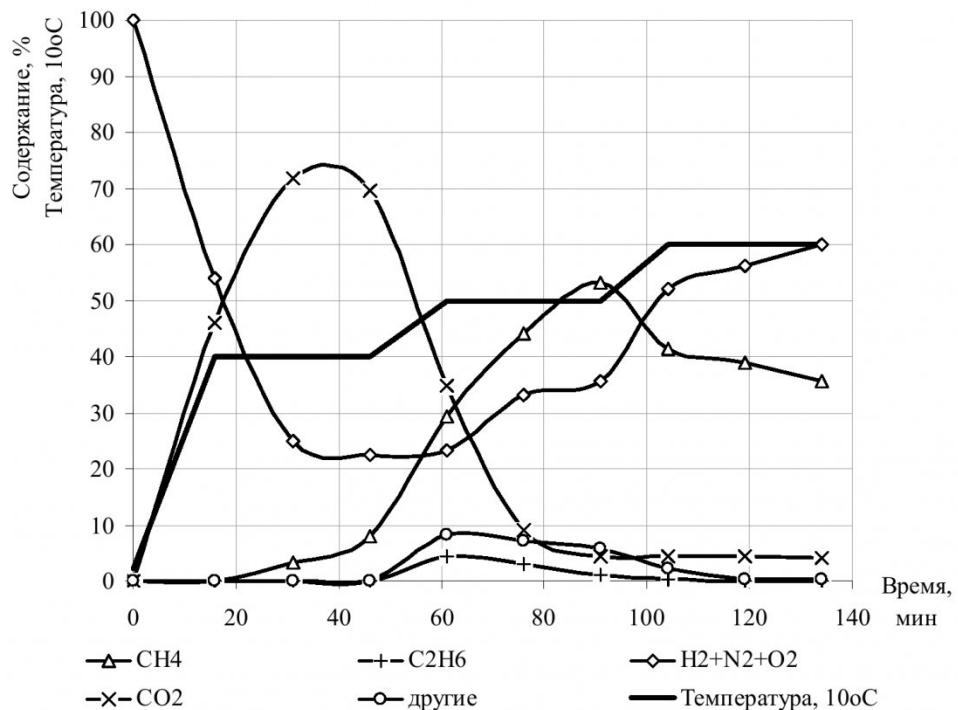


Рис.3. График изменения состава пирогаза в течение времени пиролиза

ко-желтого цвета в насыщенно-оранжевый при 500°С. При температуре около 450°С наблюдалось выделение маслянистых веществ, плотностью меньше 1000 кг/м<sup>3</sup>, при повышении температуры до 500°С наблюдалась конденсация смол.

Интенсивное выделение газообразных продуктов соответствует температуре 450°С, однако горение не поддерживается, но слышны хлопки, что свидетельствует о присутствии в пирогазе водорода. При 550°С выход газа уменьшается, но газовая смесь способна поддерживать устойчивое горение.

Данные по изменению состава пирогаза при повышении температуры пиролиза приведены в таблице.

На рис. 3 показана графическая зависимость изменения состава пирогаза во времени.

Как видно из рисунка впервые 35 минут с повышением температуры от 23 до 400°С наблюдается: снижение содержания в пирогазе смеси кислорода и азота, незначительный рост количества

метана, интенсивное увеличение от 0 до 72% доли углекислого газа, что связано с протеканием на первых этапах процесса горения топливных гранул. При увеличении температуры пиролиза до 500°С наблюдается интенсивное выделение метана и водорода и уменьшение содержания углекислого газа до 9%, появляется незначительное количество этана (4,5%).

При повышении температуры до 600°С на 91 минуте эксперимента наблюдается сокращение в пирогазе предельных углеводородов (метана, этана), при этом наблюдается интенсификация процесса образования водорода. Содержание углекислого газа практически остается на уровне 4,3%.

Эксперимент по пиролизу гранул топлива длился 134 минуты. В результате получено: пирогаз, карбонизат и смесь подсолнечной воды с незначительным количеством смолы с выходом соответственно 20,65; 65,68 и 13,67%.

#### Итоги выполненной работы.

Смонтирована лабораторная установка, по-

#### Состав пирогаза

Температура пиролиза, °C		Компонент газа				
		H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	другие примеси
400	0 мин	53,95	-	46,05	-	-
	15 мин	24,89	3,28	71,83	-	-
	30 мин	22,36	7,94	69,70	мало	мало
500	0 мин	23,35	29,36	34,69	4,45	8,15
	15 мин	33,18	44,09	9,04	2,88	7,25
	30 мин	35,65	53,25	4,27	1,09	5,74
600	0 мин	52,00	41,29	4,25	0,34	2,12
	15 мин	56,17	38,97	4,46	мало	0,40
	30 мин	59,87	35,60	4,19	мало	0,34

зволяющая проводить эксперименты по пиролизу твердого формованного топлива с возможностью сбора пирогаза и сконденсированных жидких продуктов.

Проведен эксперимент получения пиролизного газа из гранул, состоящих из 40 % сброшенного помета и 60% угольного отсева (0-5 мм), опреде-

лен выход продуктов их пиролиза.

Получены и проанализированы данные по составу проб пирогаза, отобранных в процессе проведения эксперимента. Подтверждена возможность при применения указанных гранул в качестве сырья для получения пирогаза и других продуктов пиролиза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. -М.: МГСУ, 2006. 704 с.
2. Никитин В.М. Химическая переработка древесины и ее перспективы. -М.: Лесная промышленность, 1974. 88 с.
3. Фарбелов И.Л. О процессах пиролиза // Термический и окислительный пиролиз и высокополимерных материалов. -М.: Наука, 1966. С. 3-8

### □ Авторы статьи

<p><b>Брюханова</b> Елена Сергеевна – аспирант каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ. Тел. 89236161636 Email: <a href="mailto:brjuhanova@mail.ru">brjuhanova@mail.ru</a></p>	<p><b>Ушаков</b> Андрей Геннадьевич – аспирант каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ. Тел. 89236180441. Email: <a href="mailto:elliat@mail.ru">elliat@mail.ru</a></p>	<p><b>Авдюшкин</b> Максим Николаевич – студентка гр. ХТ-071 КузГТУ. Email: <a href="mailto:ekosys@kuzbass.net">ekosys@kuzbass.net</a></p>	<p><b>Андрейкина</b> Кристина Игоревна – студентка гр. ХТ-071 КузГТУ. Email: <a href="mailto:ekosys@kuzbass.net">ekosys@kuzbass.net</a></p>
--	---	---	---

**УДК 622.648.24**

**А. В. Папин, А. В. Неведров, Е. В. Жбырь**

## РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Актуальность расширения сырьевой базы для коксохимических производств связана с тем, что ежегодно в России и в мире в целом сокращаются запасы коксующихся марок углей, что в скором времени может вызвать дефицит сырья для коксохимических предприятий.

В Кузбассе добывается около 76 % коксующихся углей от общей их добычи по России. Более 80 % углей перед использованием в коксохимических производствах подвергаются предварительному обогащению. В процессе обогащения углей образуются угольные шламы. Динамика образования угольных шламов в угольной отрасли Кузбасса [1-6] представлена в табл.1.

Из данных табл.1 видно, что количество угольных шламов в Кузбассе за последние годы ежегодно увеличивается. Угольные шламы содержат в себе как органическую, так и минеральную части. Основной проблемой при переработке угольных шламов является их высокая зольность (до 80 %) и тонкодисперсность (менее 1 мм).

Утилизация угольных шламов является актуальной проблемой угледобывающих регионов, таких как Кузбасс [7]. Угольные шламы являются постоянным источником загрязнения окружающей среды, оказывающим отрицательное воздействие на атмосферу, водоемы, недра земли, флору и фауну. С другой стороны, они являются потенциальным источником энергетического и коксохимического сырья. Переработка угольных шла-

мов в сырье, приемлемое для коксования, позволяет значительно расширить сырьевую базу коксохимических производств. Основным фактором, ограничивающим применение угольных шламов коксующихся марок углей в коксохимическом производстве, является их высокая зольность. Согласно технологическим регламентам коксохимических производств зольность исходного угля идущего на коксование не должна превышать 10 мас.%. Поэтому для того, чтобы угольные шламы возможно было использовать в качестве сырья для коксования, необходимо снизить их зольность.

Для решения данной проблемы проведен ряд исследований. Исследования проводились с обезвоженным угольным шламом средней зольности углей марок К и Г. Характеристика данных исходных угольных шламов представлена в табл.2.

С целью снижения зольности угольных шламов их подвергали обогащению методом масляной агломерации. В водоугольную суспензию, содержащую около 60 мас.% твердой фазы, в качестве связующего и собирающего реагента добавляли отработанное машинное масло. Данная смесь подвергалась интенсивному перемешиванию с помощью мешалки турбинного типа [8]. В результате процесса обогащения образовывались углемасляные агломераты. Характеристики полученных продуктов представлены в табл.3, откуда видно, что зольность полученных концентратов не превышает 10 мас.%, а значит, данные углемасля-