

**УДК 66:504.064.47**

Торопова Н.В.<sup>1</sup>, Задавина Е.С.<sup>1</sup>, магистранты 1 и 2 курса,  
Popov V.S.<sup>2</sup>, first year undergraduate

Научные руководители: Игнатова А.Ю.<sup>1</sup>, к.б.н., доцент, Папин А.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
доцент

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

<sup>2</sup> Shandong University of Science and Technology, P. R. China

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕРОДСОДЕР- ЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Угледобывающие страны встретили 21 век в условиях возросших требований к защите окружающей среды и действующих в отдельных странах соответствующих законов. Таковыми, например, являются Акт о чистом воздухе в США, изданный в начале 1990-х гг.; Протокол Киото о мерах против изменения климата и глобального потепления, ратифицированный парламентами большинства стран мира; новые стандарты на качество моторного топлива в Европе [5].

Угледобывающее производство технологически сопровождается образованием такого вида отходов как угольная пыль, которая отличается тонкодисперсностью и высокой влажностью. В данную группу отходов можно отнести и отход коксохимических производств - коксовую пыль, которая выделяется на УСТК при тушении и во время перегрузки на конвейерах. Так, в г. Кемерово ежегодно образуется более 700 тыс. т твердых отходов, основную часть которых составляют отходы угольной отрасли. Площадь нарушенных земель вблизи города составляет 500 га.

В настоящее время существуют различные методы и способы утилизации коксовой и угольной пыли.

Так, в Китайском университете Горного дела и Технологии разработана технология обогащения флотацией тонких классов угля в цикломикропузырьковой колонне с комбинацией циклонной сепарации и колонной флотации, снабженной внешним генератором тонких пузырьков, эффективно осаждающихся на поверхности частиц. Технология была успешно применена для извлечения тонкого угля из отстойников при промышленных испытаниях. Эффективно извлекались частицы угля до 45 мкм. Лабораторные и пилотные испытания продемонстрировали возможность производства суперчистого продукта с зольностью 1,5 – 1,6% из сырья с зольностью 9,8 % [6].

К обогащению угля можно отнести и приготовление из него водоугольных и углемасляных суспензий или эмульсий как для топливного, так и для нетопливного применения.

Водоугольные суспензии получают обычно в комплексе с гидродобычей угля или при утилизации мелочи, образующейся при добыче и обогащении каменных углей. Водоугольные суспензии применяют для трубопроводного

транспортирования угля к месту потребления, а углемасляные эмульсии для конверсии каменноугольной мелочи и масляных отходов в топливную эмульсию [5].

Для решения проблемы утилизации отходов необходимо разработать нетрадиционную технологию их совместной комплексной переработки с получением ряда товарной продукции.

Целью исследований является разработка технологии получения инновационных товарных продуктов – углекоксового концентрата из смеси тонкодисперсных углеродсодержащих отходов (коксовой и угольной пыли) и топливных брикетов на его основе.

В данной работе предлагаемое решение проблемы – обогащение тонкодисперсных отходов методом масляной агломерации. Данный метод позволяет отделить полезную (органическую) составляющую отходов от минеральной части с получением низкозольного высококалорийного концентрата, приемлемого для технологии коксования и энергетики.

Исследования проводились на базе лаборатории термодинамики многофазных систем Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. В качестве исходного сырья были взяты образцы коксовой и угольной пыли, являющихся производственными отходами ПАО «Кокс» (г. Кемерово). Был проведен технический анализ образцов.

Далее проводили обогащение предлагаемым методом. Для этого в цилиндрическую емкость налили воду объемом 850 мл, загрузили твердые углеродсодержащие отходы массой 300 г. (150 г. коксовой пыли + 150 г. угольной пыли). Произвели интенсивное смешивание углеродсодержащих отходов и воды при помощи мешалки, соединенной с двигателем. Скорость перемешивания суспензии составляет 1000 - 1500 об./мин.

В качестве реагента - связующего использовали отработанное машинное масло. Его добавляли в количестве 30 мл, и всю смесь перемешивали еще в течение 5 - 8 мин, постепенно с интервалом 1-2 мин увеличивали скорость вращения мешалки, достигая 4000 об/мин. В результате турбулизации пульпы образовалась пена, содержащая угольный концентрат [1,2].

Регулирование процесса перемешивания осуществляли при помощи пульта управления. Применяли мешалку турбинного типа.

В таблице 1 представлены результаты технического анализа углеродсодержащих отходов - коксовой и угольной пыли, а в таблице 2 – углекоксового концентрата.

Таблица 1

Технический анализ углеродсодержащих отходов

Наименование	$A^d$ , мас. %	$W^a$ , мас. %	$V_t^{daf}$ , мас. %	$S_t^d$ , мас. %	$Q_s^r$ , ккал/кг

Коксовая пыль	14,6	1,7	2,2	0,4	7500
Угольная пыль	23,4	1,8	21,9	0,4	6350

Таблица 2

## Характеристики углекоксового концентрата

$A^d$ , мас. %	$W^a$ , мас. %	$V_t^{daf}$ , мас. %	$Q_s^r$ , ккал/кг	$S_t^d$ , мас. %
5,0 – 5,5	9,4	18,2	7550	0,2

Для большего удобства при транспортировке и использовании углекоксового концентрата возможно изготовление из него брикетов с добавлением связующего. Брикетирование осуществлялось с помощью штемпельного пресса. Сначала углекоксовый концентрат смешивали со связующим до однородной массы. В качестве связующего использовали фусы коксования в количестве 6-10 % к массе исходного сырья. Фусы коксования перед введением в исходный концентрат разогревают до 100 -133 °С, а брикетирование смеси под давлением производят ступенчато, для чего сначала устанавливали нагрузку 5-6 атм., с выдержкой 3-5 мин и далее до 15 атм. с выдержкой при максимальной нагрузке 3-5 мин [2, 3, 4].

В таблице 3 приведены технические характеристики углекоксовых тведотопливных брикетов. Механическую прочность при истирании в барабане, сжатии и сбрасывании определяли по ГОСТ 18132-72 и 21289-75.

Таблица 3

## Технические характеристики углекоксовых топливных брикетов

Физические испытания			Топливные характеристики		
сжатие, кг/см <sup>2</sup>	истирание, % содержание кусков разме- ром >25 мм	Сбрасывание, % содержание кусков разме- ром >25 мм	$A^d$ , мас. % (золь- ность)	$Q_s^r$ , ккал/кг (теплота сгорания)	$S_t^d$ , мас. % (серни- стость)
70	94	94	5,0	7600	0,2

Разработанные по данной технологии топливные брикеты могут использоваться в качестве горючего вещества для бытовых и производственных целей. Предлагаемая технология позволит улучшить экологическую обстановку в углеперерабатывающих регионах в виду сокращения количества неиспользуемых углеродсодержащих тонкодисперсных отходов.

## Список литературы:

1. Циперович М.В., Курбатов В.П., Хворов В.В. Обогащение углей в тяжелых суспензиях. М., Недра, 1996.
2. Солодов В.С. Разработка технологии утилизации коксовой пыли коксохимических производств в виде брикетов повышенной прочности / В.С. Солодов, А.В. Папин А.В., А.Ю. Игнатова, Т. Г. Черкасова, В.И. Косинцев, А.И. Сечин, Е.А. Макаревич, А.В. Неведров // Ползуновский вестник. – № 4- 2. – 2011. – С. 159-164
3. Папин А.В. Получение топливных брикетов из тонкодисперсных отходов угледобычи и углепереработки / А.В. Папин, А.Ю. Игнатова, А.В. Неведров, Т.Г. Черкасова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 5. – С. 43-49.
4. Popov V., Papin A., Ignatova A., Makarovskikh A. Composite fuel based on residue from type and secondary polymer pyrolysis composite fuel based on residue from type and secondary polymer pyrolysis в сборнике: [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science](#) 20. Сер. "XX International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists on "Problems of Geology and Sub-surface Development"" 2016. С. 012065.
5. Цикарев Д.А., Петрова Г.И., Бычев М.И. Переработка углей. Часть I. Зарубежный научный и промышленный опыт / От вред. В.П. Зубков. – Якутск: ЯФ Изд-во СО РАН, 2005. – 128 с.
6. Li B. et al. // Separation Science and Technol. – 2003. – V.38. - № 5. – P. 630-634.