

УДК 658.567.1

Е.С. ЗЛОБИНА, студент гр.ХТб-121 (КузГТУ)
Научные руководители: А.В. ПАПИН, к.т.н., доцент (КузГТУ),
А.Ю. ИГНАТОВА, к.б.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ В КОМПОЗИЦИОННОЕ ТОПЛИВО

Кемеровская область уже долгое время остаётся одним из крупнейших угледобывающих регионов в России. Ежегодно из недр извлекается всё больше «черного золота»: в 2013 году – 203 млн. тонн, в 2014 – 210,87 млн. тонн, в 2015 – 215,2 млн. тонн. Ввиду низкой зрелости углей, загрязнённости минеральными примесями высокое качество достигается путём многочисленных операций, связанных с очисткой, обогащением, сортировкой. В результате образуются отходы, которые, являясь ценным сырьём, в будущем не всегда находят практическое применение. Одними из таких отходов являются тонкодисперсные угольные шламы, угольная и коксовая пыль.

Угольные шламы – тонкодисперсный продукт, образующийся при обогащении угля. Размер частиц шлама составляет от 0 до 1 см. Исходные параметры (в среднем): влажность (W^a , мас. %) – 1,3-1,4; зольность (A^d , мас. %) – 35-80; выход летучих (V_t^{daf} , мас. %) – 30-45. Часто они хранятся в отстойниках или на специальных полигонах (шламохранилищах), которые загрязняют окружающую среду, занимают значительные территории, искажают природный ландшафт городов. На обогатительных предприятиях выход шламов составляет до 10 % от массы перерабатываемого угля. Только в Кемеровской области действует 12 обогатительных фабрик с производительностью не менее 1000 т концентрата в час, а следовательно – 100-120 т угольного шлама. При правильном подходе возможно перерабатывать угольные шламы в технологически приемлемое топливо. Это улучшит экологическую обстановку в регионе и сократит отток средств у предприятий-собственников тонкодисперсных угольных отходов.

Научной новизной является переработка высокозольных тонкодисперсных отходов в высококалорийный концентрат, который является основой для получения композиционных топлив.

Практическая значимость:

- разработка технологического процесса переработки углеродсодержащих тонкодисперсных отходов (угольных шламов, низкосортных углей, коксовой пыли и т.п.) в товарные продукты;
- улучшение условий жизни населения в угледобывающих и углеперерабатывающих регионах;

– появление на рынке новой конкурентоспособной продукции (угле-
масляного концентрата из угольных шламов);

– создание композиционных видов топлива (брикетированного и
жидкого), являющихся альтернативой существующим топливам.

Был проведён литературный анализ существующих способов и мето-
дов переработки тонкодисперсного угольного сырья, их достоинств и не-
достатков [1].

При обогащении с помощью флотации угольных шламов применя-
лись различные реагенты-вспениватели (КЭТГОЛ [2]; ОПСБ; смесь газой-
ля, продукта модификации ОПСБ Vf 1, КОБС [3] и др.) Известны также
флотореагенты Unicol™ на спиртовой основе марок «С» и «F», причём более
выраженным свойством собирателя обладает марка «С», а марка «F» – бо-
лее выраженным свойством вспенивателя. Преимущества: низкие пожаро-
опасные свойства, низкие дозировки (250-750 гр/т), высокая селективность
[4]. Однако стоимость флотореагентов достаточно высока (в среднем 200-
250 долларов США за 1 т), а обогащение фракций крупностью 20 мкм тех-
нологически несостоятельно. Это приводит к сокращению и сведению к
минимуму флотации угольных шламов [5].

Учёные Института угля и углехимии СО РАН (г. Кемерово) и
КузГТУ предлагают утилизировать тонкодисперсные углеродсодержащие
отходы (шламы, угольную пыль) в виде высоко концентрированных водо-
угольных суспензий или водоугольного топлива (ВУТ), процесс пригото-
вления которого заключается в измельчении угольных частиц и смешива-
нии с водой и реагентом-пластификатором в шаровой мельнице. Угольные
частицы предварительно должны пройти обогащение по методу масляной
агломерации [6]. Результаты испытаний показали, что ВУТ, приготовлен-
ное из разных марок углей, имеющих различную зольность, хорошо вос-
пламеняется и эффективно сжигается в вихревом потоке [7].

Перспективным выглядит применение метода масляной агломера-
ции, основанного на различной смачиваемости жидкими углеводородами
угольных и породных частиц в воде. При этом, в результате действия гра-
витационных и центробежных сил на эмульсию угольных частиц и воды
происходит селективное образование углемаляных агрегатов, которые за-
тем преобразуются в прочные гранулы-сферы [8, 9].

Масляная агломерация – сложный многоэтапный процесс, который
можно представить в виде двух автономных, последовательно протекаю-
щих стадий: селективной концентрации органической фракции масляной
фазой и структурирования углемаляных комплексов в прочные сфериче-
ские агломераты. В основе первой лежат адгезионные и гидрофобные вза-
имодействия угольных частиц с аполярным реагентом, которые определя-
ют полноту извлечения горючей массы. Эффективность этой стадии зави-
сит от гидрофобизирующих свойств и расхода вводимого масла, интен-
сивности турбулизации суспензии и продолжительности процесса. Последняя

в свою очередь зависит от плотности, температуры и рН суспензии. Влияние водородного показателя суспензии особенно существенно при агломерации тонких, частично окисленных частиц, когда значительно возрастает роль поверхностных сил, в том числе электростатических [8, 9].

В табл. 1 представлен результат технического анализа углеродсодержащих отходов, которые в последующем были обогащены по методу масляной агломерации.

Таблица 1

Технический анализ исходных углеводородных отходов

Наименование	W ^a , мас. %	A ^d , мас. %	V _t ^{daf} , мас. %	Q _s ^r , ккал/кг	S ^d _t , % мас.
Угольный шлам	1,2	45,6	24,1	6250-6500	0,55
Коксовая пыль	1,74	16,66	3,5	7350-7500	0,44
Пиролитический углерод	1,2	15,8	8-12	6400-6700	3,5

После обогащения по методу масляной агломерации [10] были получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2

Технический анализ полученных углемасляных концентратов

Наименование	W ^a , мас. %	A ^d , мас. %	V _t ^{daf} , мас. %	Q _s ^r , ккал/кг	S ^d _t , % мас.
Концентрат из угольного шлама	2,0	5,8	24,4	6500-6800	0,3
Концентрат из коксовой пыли	4,5	4,5	1,5	7550-7700	0,3
Концентрат из пиролитического углерода	8,5	4,0-5,5	8,0-12,0	6500-6600	0,55

Снижение зольности в среднем в 4-5 раз доказывает эффективность метода масляной агломерации. Наибольшее снижение зольности было достигнуто в экспериментах с угольными шламами, а наименьшее – с коксовой пылью. Это может быть связано с закоксованностью внешней поверхности частиц коксовой пыли. Незначительное увеличение влажности связано с особенностью проведения обогащения (в водной среде).

На основе углемасляного концентрата были получены топливные брикеты по средствам прессования смеси концентрат и связующего (карбамид) в пресс-форме [11]. Полученные брикеты были проверены на прочность, зольность, теплоту сгорания. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Технические характеристики топливных брикетов на основе углемасляного концентрата

Физические испытания			Топливные характеристики		
сжатие, кг/см ²	истирание, % содержание кусков размером >25 мм	сбрасывание % содержание кусков размером >25 мм	A ^d , % мас.	Q _s ^r , ккал/кг	S ^d _t , % мас.
60-90	90-96	90-96	8,0-9,0	6900-7650	0,2-0,3

Как видно из данных табл. 3, полученные брикеты могут стать отличной альтернативой твёрдому топливу, так как теплота сгорания не уступает теплоте сгорания угля, а зольность не превышает 10 % мас. Время горения топливного брикета (размером 10см×10 см) в топке – 3–4 часа, если налажена система подачи воздуха – до 8 часов, то есть существует возможность длительное время поддерживать постоянную температуру.

Таким образом, разрабатываемая технология переработки тонкодисперсных отходов методом масляной агломерации позволит сократить объёмы пылевого загрязнения водного и воздушного бассейнов, флоры и фауны, позволит улучшить качество жизни населения, а также создавать на основе отходов ценную топливную продукцию и сокращать потери средств, вложенных в переработку угля.

Исследования поддержаны грантом программы У.М.Н.И.К.-2014.

Список литературы:

1. Злобина, Е.С. Экологические и технологические аспекты утилизации твердых углеводородных отходов / Е.С. Злобина, А.В. Папин, Игнатова // Вестник КузГТУ. – 2015. – №3. – С. 92–101.
2. Иванов, Г.В. Результаты промышленного испытания применения аполярного реагента при флотации тонких угольных шламов на ЦОФ «Беловская» / Г.В. Иванов, В.И. Басарыгин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 8. – 2002. – С. 179–180.

3. Иванов, Г.В. Повышение эффективности процесса флотации тонких угольных шламов / Г.В. Иванов, А.М. Мирошников, Т.И. Азарова, Н.Н. Ушакова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2. – 2010. – С.85–86.

4. Гайнуллин, И.К. Повышение эффективности процесса флотации угольных шламов с использованием флотореагентов Unicol / И.К. Гайдуллин // Уголь. – № 5(1046). – 2013. – С. 104–107.

5. Пилов, П.И. Гравитационная сепарация угольных шламов как альтернатива флотации / П.И. Пилов, А.С. Кирнарский, С.В. Артёмов / Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 4. – 1997. – С. 88–91.

6. Папин, А.В. Исследование физико-химических процессов, протекающих при мокром диспергировании угольных шламов, обогащённых методом масляной агломерации / А.В. Папин, Г.А. Солодов, А.Н. Заостровский, М.С. Клейн, Т.А. Папина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2 (39). – 2004. – С.82–85.

7. Мурко, В.И. Исследования технологии сжигания суспензионного топлива в вихревой камере / В.И. Мурко, Ю.А. Сенчурова, В.И. Федяев, К.И. Карпенко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 2 (96). – 2013. – С.103–105.

8. Папин, А.В. Разработка нового метода обогащения минералов на основе масляной агломерации/ А.В. Папин, Е.В. Жбырь, А.В. Неведров, В.С. Солодов // Химическая промышленность сегодня. – 2009. – №1. – С. 36–39.

9. Папин, А.В. Переработка угольных шламов в сырьё для когенерационных устройств / А.В. Папин, А.В. Неведров // Ползуновский вестник. – 2013. – № 1– С. 48–50.

10. Пат. РФ № 2494817. Способ обогащения угольного шлама и угля / А. В. Папин, В. С. Солодов, А. Ю. Игнатова и др. // КузГТУ. Заяв. 20.03.2012, опубл. 10.10.2013.

11. Пат. РФ № 2468071. Способ брикетирования коксовой пыли / А.В. Папин, В.С. Солодов, А.Ю. Игнатова А.Ю. // КузГТУ. Заявл. 26.10.2011, опубл. 27.11.2012.