

УДК 541.183:622.33 + 622.693

**С. Д. Борук, к. х. н., доц.; А. В. Юзик, студ.; Д. В. Горобець, студ.****ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ  
ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

*Исследовано влияние технологии получения высококонцентрированных шламоугольных суспензий на их реологические свойства, гранулометрический состав и электрокинетические свойства частиц дисперсной фазы. Установлен оптимальный технологический режим получения высококонцентрированных суспензий на основе шламов углеобогажительных фабрик и показана возможность их использования в качестве вторичного энергоносителя.*

Сокращение запасов нефти, повышение себестоимости ее добычи приводит к необходимости поиска новых энергоресурсов, запасы которых на Украине имеются в достаточном количестве. Наиболее перспективной альтернативой нефти является уголь. Вместе с тем известно, что уголь является сложным видом сырья с точки зрения переработки, и наиболее экологически вредным видом топлива. Углеобогащение, в первую очередь высокозольных углей, сопровождается образованием значительного количества шламов. Такие шламы обладают способностью к самовозгоранию и содержат экологически опасные вещества, которые были выделены из угля при проведении обогащения. Часть таких шламов, по своим характеристикам (содержание топливной составляющей), может быть применена в качестве топлива. Однако, ряд показателей, таких как теплообразующая способность, удельные выбросы токсичных веществ на единицу энергии, степень выгорания топливной составляющей, обуславливает нецелесообразность непосредственного сжигания таких шламов.

Перспективным направлением утилизации шламов обогажительных фабрик является получение на их основе высококонцентрированных шламоугольных суспензий для непосредственного сжигания в котлоагрегатах [1–3]. Как показали исследования американских ученых, при сжигании угля в виде суспензий выбросы оксидов азота, серы и угарного газа сокращаются на 30 %, по сравнению со сжиганием угля в виде пыли, что позволяет прогнозировать аналогичное сокращение выбросов загрязняющих веществ при сжигании угольных шламов. Кроме того, удается достичь более полного выгорания органической составляющей топлива.

Требование максимально возможной текучести водоугольных и шламоугольных суспензий приобретает особое значение в связи с разработкой технологий их непосредственного сжигания в котлоагрегатах без обезвоживания после транспортирования. Для этого необходимо повысить концентрацию угольных шламов в суспензии до 65–70 %. Данная технологическая схема имеет ряд как экономических, так и экологических преимуществ. Энергозатраты на транспортирование суспензии, осуществляемое с небольшими скоростями в ламинарном режиме протекания, приемлемы для магистрального гидротранспорта. Особое значение при создании концентрированных суспензий на основе шламов имеет обеспечение оптимального гранулометрического состава, которое решается индивидуально для каждого вида шлама и непосредственно зависит от его свойств.

Как объект исследования нами использовались отходы гидрообогащения (пески гидроциклона) угля марки «Г». Черный порошок, зольностью 42,5 %, влажностью 1,65 %. Размеры частиц 0,1...5 мм. Как пластификатор применяли лигносульфонат натрия (ЛСТNa) соль лигносульфоновой кислоты совместно с щелочью (далее добавка ЛСУ). Данная добавка хорошо зарекомендовала себя при создании водоугольных суспензий.

Помол проводили в шаровой мельнице объемом 1,3 литра стальными шарами диаметром 28 мм и 10 мм. Для помола использовали частицы шлама размерами до 2,5 мм. Время помола определяли экспериментально. Критерием окончания помола было отсутствие частиц размером больше 300 мкм и содержание частиц больше 250 мкм менее 0,1 % (мас). Данная степень измельчения исходного шлама достигалась за 30 мин при 75 оборотах корпуса мельницы за минуту. Увеличение времени помола приводит к резкому возрастанию вязкости систем, вероятно за счет возрастания концентрации наноразмерных частиц глинистой составляющей.

Нами был проведен ряд помолов по одностадийной и двухстадийной схемам, и проведен анализ свойств полученных систем. На первом этапе проводились одностадийные помолы. Были получены системы с разной концентрацией дисперсной фазы, общая характеристика которых приведена в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительные характеристики шламоугольных суспензий (одностадийный помол)**

Содержимое дисперсной фазы, %	Эффективная вязкость, Па·с	Седиментационная устойчивость, сутки
59 / 59,4	0,9	3,5
60 / 60,5	1,03	5,0
61 / 61,2	1,11	5,0
62 / 62,1	1,23	6,5
63 / 63,2	1,29	7,5
64 / 64,4	1,31	8,0
65 / 65,3	1,80	8,0
66 / 66,3	2,50	10,0
67 / 67,5	3,05	10,0

*Примечание.* В графе концентраций первое значение обозначает расчетную величину, второе — определенную экспериментально

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, увеличение концентрации дисперсной фазы приводит к увеличению вязкости дисперсных систем. Критическая концентрация твердой фазы суспензии, при которой начинает резко возрастать ее вязкость составляет 65–66 %. Седиментационная устойчивость дисперсных систем, определяемая как время, проходящее до ее расслоения, возрастает при увеличении концентрации дисперсной фазы, вероятно за счет достижения более плотной упаковки частиц в системе.

Вместе с тем, как показали проведенные исследования, вязкость дисперсных систем возрастает не только за счет возрастания объемной доли твердой фазы, но и за счет изменения ее гранулометрического состава. Изменения условий помола за счет увеличения концентрации дисперсной фазы приводят к увеличению доли высокодисперсных частиц в системе. При этом распределение частиц по размерам приближается к мономодальному (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение частиц дисперсной фазы шламоугольной суспензии по размерам (одностадийный помол)**

Границы фракций, (г, мкм)	Содержание фракции (% мас); C <sub>т. ф.</sub> = 61 %	Содержание фракции (% мас); C <sub>т. ф.</sub> = 63 %	Содержание фракции (% мас); C <sub>т. ф.</sub> = 65 %	Содержание фракции (% мас); C <sub>т. ф.</sub> = 67 %
125–13,5	46,4	42,1	28,1	24,3
13,5–9,54	14,4	21,1	10,9	8,3
9,54–6,75	6,2	5,3	7,8	6,3
6,75–5,51	10,3	3,7	10,2	6,9
5,51–4,27	7,2	3,7	10,2	9,7
4,27–3,02	6,2	4,2	7,8	9,0
3,02–2,46	4,1	5,3	4,7	7,6
2,46–1,74	4,1	6,3	3,1	12,5
1,74–1,42	1,1	6,3	12,5	6,9
1,42–1,23	1,0	2,1	4,7	5,6

Как видно из приведенных данных, увеличение концентрации дисперсной фазы больше 65 % при проведении помола приводит к интенсивному диспергированию твердой фазы. Вероятно, при более плотной упаковке, измельчение шламов происходит не только под действием мельящих тел, но и при контакте между собой. Если учесть, что шламы уже подвергались интенсивному измельчению при проведении обогащения, то механическая прочность частиц шламов незначительна. Кроме того, высокое содержание минеральной составляющей (в данном случае глинистой) так же приводит к снижению механической прочности частиц шламов. При более низких концентрациях в начальный момент помола частицы шлама не влияют друг на друга непосредственно. Увеличение концентрации приводит к возникновению непосредственного контакта между частицами твердой фазы, что увеличивает интенсивность измельчения. Для сохранения бимодального гранулометрического состава было бы целесообразно сократить время помола, но тогда в системе могут оставаться

частицы размерами 200—400 мкм. Наличие частиц такого размера неприемлемо, исходя из эксплуатационных характеристик шламоугольных суспензий.

При получении водоугольных суспензий хорошо себя зарекомендовала двухстадийная схема помола. Для определения применимости данной схемы при получении шламоугольных суспензий нами был получен ряд систем с разной концентрацией дисперсной фазы, общая характеристика которых приведена в таблице 3.

Таблица 3

**Сравнительные характеристики шламоугольных суспензий (двухстадийный помол)**

Содержимое дисперсной фазы, %	Эффективная вязкость, Па·с	Седиментационная устойчивость, сутки
61/61,4	1,21	3,0
62/62,2	1,33	3,5
63/63,1	1,38	5,5
64/64,3	1,48	6,0
65/65,1	2,15	7,0
66/66,2	2,65	7,5
67/67,3	3,45	8,0

*Примечание.* В графе концентраций первое значение обозначает расчетную величину, второе — определенную экспериментально

Как видно из приведенных данных характеристики систем, полученных при двухстадийном помоле несколько хуже, чем аналогичных систем, полученных одностадийным помолом. Вероятно, это связано с гранулометрическим составом дисперсной фазы. Полученные системы характеризуются значительным содержанием высокодисперсных частиц (табл. 4). Кроме того, значительно снижается значение электрокинетического потенциала частиц, что отрицательно сказывается на устойчивости полученных систем. Вместе с тем проведение двухстадийного помола более энергоемкое, и сложнее с точки зрения аппаратного оформления. Из вышеизложенного можно сделать вывод о нецелесообразности применения двухстадийного помола при получении высококонцентрированных суспензий на основе шламов.

Таблица 4

**Распределение частиц дисперсной фазы шламоугольной суспензии по размерам (двухстадийный помол)**

Границы фракций, (г, мкм)	Содержание фракции (%; мас); C <sub>т. ф.</sub> = 63 %	Содержание фракции (%; мас); C <sub>т. ф.</sub> = 65 %	Содержание фракции (%; мас); C <sub>т. ф.</sub> = 67 %
125—13,5	10,3	14,3	11,2
13,5—9,54	9,0	6,3	8,3
9,54—6,75	10,3	2,7	3,3
6,75—5,51	5,1	2,7	3,9
5,51—4,27	10,3	1,8	4,7
4,27—3,02	11,5	10,7	9,0
3,02—2,46	6,4	14,3	15,6
2,46—1,74	11,5	24,1	22,5
1,74—1,42	15,4	7,1	11,2
1,42—1,23	10,2	16,0	10,3

Проведенные исследования позволили установить оптимальный технологический режим получения высококонцентрированных суспензий на основе шламов углеобогатительных фабрик и показали возможность их использования в качестве вторичного энергоносителя.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. — М: Химия, — 1980 — 360 с.
2. Урьев Н. Б. Закономерности структурообразования высококонцентрированных водоугольных суспензий // Исследование гидромеханики суспензий в трубопроводном транспорте. — М.: ВНИИПИ гидротрубопровод — 1985. — С. 8 — 27.
3. Макаров А. С., Олофинский Е. П., Дегтяренко Т. Д. Физико-химические основы получения высококонцентрированных водоугольных суспензий // Вестник АН УССР — 1989. — № 2. — С. 65—75.

**Борук Сергей Дмитриевич** — доцент кафедры физической и аналитической химии и экологии химических производств, **Юзык Андрей Валентинович, Горобец Денис Валериевич** — студенты химического факультета.

Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича