

**Ю.С. МОСТЫКА**, д-р техн. наук,

**В.Ю. ШУТОВ**,

**Е.Н. МОСТЫКА**, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

### МАГНИТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ И ДЕСУЛЬФУРАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Содержание серы в углях Донецкого бассейна достигает 5%, при среднем содержании 2,6%. Другие вредные и токсичные элементы в углях находятся в малых концентрациях, однако учитывая большие объемы сжигания энергетических углей, выбросы указанных элементов представляют серьезную угрозу окружающей среде.

Предварительная очистка углей является перспективным направлением в области охраны природы и повышения качества топлива. Сложность удаления серы и серосодержащих минералов обусловлена их тонкой вкрапленностью.

Обзор современных методов и технологий обогащения углей позволяет сделать вывод о неэффективности применения флотации и гравитации для десульфурации углей перед их сжиганием. Степень десульфурации достигает не более 30% ввиду тонкодисперсного состояния пирита, основного серосодержащего минерала.

Проблема обогащения и очистки угольных продуктов от сернистых соединений может быть решена высокоградиентной магнитной сепарацией, которая позволяет расширить пределы эффективного обогащения слабомагнитных минеральных комплексов с вовлечением в процесс тонкодисперсных частиц.

Проведены исследования по обогащению и десульфурации методом ВГМС проб энергетических углей различных марок и шихты наиболее крупных тепловых электростанций Украины.

Основным минеральным компонентом магнитных фракций углей является глинистое вещество, которому свойственны примеси свободных окислов железа и часто сопутствуют гидроокислы алюминия и железа, сидерит, серный колчедан и др. В глинистое вещество входят также определенные группы железистых силикатов, обладающих слабыми магнитными свойствами. Носителем магнитных свойств глинистого вещества являются окислы и гидроокислы железа, которые присутствуют в глинистом веществе в тонкодисперсном состоянии.

Сера в углях содержится в сульфидах, органических соединениях, сульфатах и иногда в элементном виде. Сульфидная сера представлена в основном пиритом в количестве 60-70%. Сера органическая входит в состав структуры угля и механическим способом не может быть отделена. Сульфатная сера составляет не более 0,1-0,5%, присутствует в окисленных разностях углей и представлена в основном гипсом и сульфатами железа. Сера элементная содержится в углях крайне редко от 0,03 до 0,15% и приурочена к окисленным разностям. В про-

цессе магнитной сепарации в магнитный продукт удаляется в основном сера пиритная, частично органическая за счет захвата пиритизированного угольного вещества, насыщенного серой органической. Изучены магнитные свойства энергетических углей различных марок и продуктов их обогащения. Установлено, что несмотря на низкую величину удельной магнитной восприимчивости контрастность магнитных свойств породной и углеродсодержащей частей высока и достигает величины порядка 30-150.

Исследования проводились на экспериментальных стендах с горизонтальным и вертикальным магнитным полем. В качестве матриц применялись рифленые пластины, просечные сетки, стальная вата и шары диаметром 2-9 мм. В широком диапазоне изучалось влияние на технологические показатели следующих основных режимных параметров: индукции в рабочей зоне, скорости фильтрации пульпы, крупности материала, плотности пульпы, расхода промывной воды и удельной нагрузки. Наиболее перспективными наполнителями рабочей зоны сепараторов для очистки и десульфурации углей, как показали исследования, являются просечные сетки и стальные шары. Исследованиями установлена возможность извлечения магнитными методами до 70% золы и 65% серы общей из углей тепловых электростанций Украины. Разработаны варианты технологических схем обогащения энергетических углей. Для углей Запорожской и Криворожской ГРЭС разработаны схемы (рис. 1а) с доводкой магнитного и немагнитного продуктов. При этом содержание золы в концентрате снижено на 14 и 16% соответственно, серы общей на 0,9 и 1%. Для углей Приднепровской ГРЭС схема предусматривает двойную перечистку магнитного продукта (рис. 1б), при этом содержание золы и серы снижается на 12,5 и 0,9% соответственно. Высокозольные шламы Кураховской ГРЭС обогащались по схеме (рис. 1в) с трехкратной перечисткой немагнитного продукта, что позволило снизить содержание золы на 15% и серы общей на 1%.

Исследовано содержание редких и рассеянных элементов в исходных углях и продуктах магнитного обогащения крупнейших тепловых станций Украины. Установлено, что в процессе магнитной сепарации такие элементы, как ртуть, мышьяк, свинец, фтор, цинк, молибден и целый ряд других извлекаются до 50-80% в магнитный продукт. Из углей марки АШ такие элементы как Ni, Mn, Pb, As, Mo извлекаются в магнитный продукт до 50-80%. Из углей марок Г и Д извлекаются Ga, Ni, As, F, Cr, Mn до 53- 80%. Из шламов различных марок такие элементы как Mo, Ga, Ni, As, Mn, V, Cr, Pb и Zn извлекаются до 60-80%.

## Магнітна і електрична сепарація

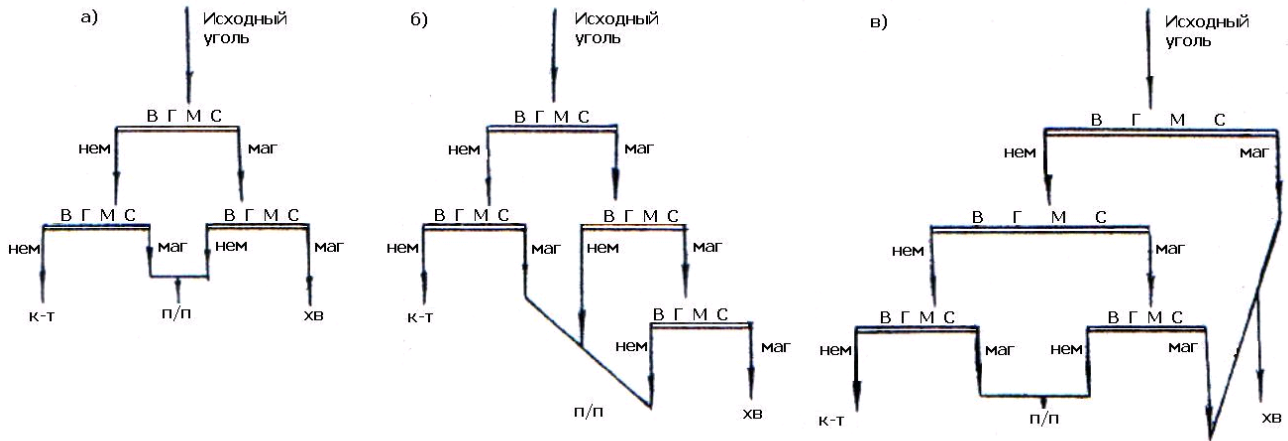


Рис. 1. Варианты схем магнитного обогащения угольных продуктов

Разработана и создана экспериментальная сверхпроводящая сепарационная установка (рис. 2) с автоматическим поддержанием режимов работы и регулированием основных параметров процесса при максимальной индукции до 9 Тл. Установка предназначена для проведения исследований по обогащению слабомагнитных руд, угольных продуктов и нерудных материалов, наработки партий продуктов высокой чистоты и отработки режимных и конструктивных параметров промышленных сверхпроводящих сепараторов. В состав установки входят криостат, сверхпроводящая магнитная система (СМС), система криообеспечения, система электропитания СМС, технологический тракт с сепарационной зоной, система питания исходным продуктом, система выгрузки продуктов разделения, блок управления гидравлическим режимом установки и система автоматического контроля и регулирования с пультом управления.

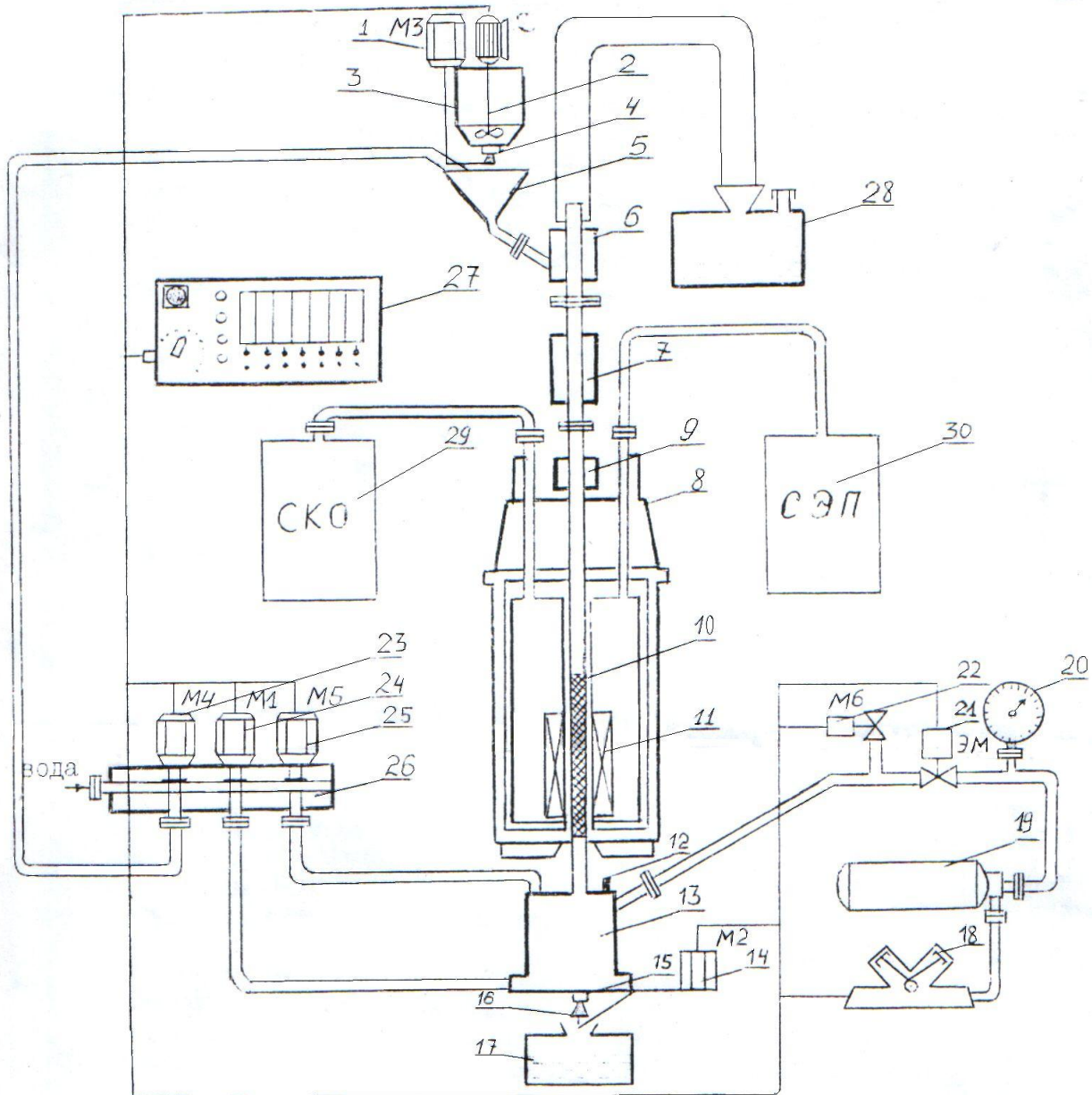


Рис. 2. Экспериментальная сверхпроводящая сепарационная установка:

- 1, 14, 23, 24, 25 – электромагнитный исполнительный механизм (ЭИМ); 2 – устройство для перемешивания; 3 – емкость; 4, 16 – клапан; 5 – воронка; 6 – тройник; 7 – блок датчиков уровня; 8 – криостат; 9 – флокулятор; 10 – кассета; 11 – сверхпроводящая катушка; 12 – датчик уровня; 13- клапанно-регулирующее устройство; 15 – насадка; 17, 28 – приемники немагнитного и магнитного продукта; 18 – компрессор; 19 – ресивер; 20 – манометр; 21, 22 – электроклапаны; 26 – гидроблок; 27 – пульт управления; 29 – система криообеспечения; 30 – система электропитания

Исследования по обогатимости угольных продуктов производились на сверхпроводящей установке при индукции магнитного поля от 1 до 7 Тл. В табл. 1 приведены результаты исследований по очистке и десульфурации различных угольных продуктов.

## Магнітна і електрична сепарація

Таблиця 1

	Продукт	Фракція	ММагн. индук. Тл	Выход, %	Зольность, %	Сера об-щая, %	Сера пиритн., %
Славянская ГРЭС	Топливо АШ	исх. нем. магн.	11	84,6	31,2	2,24	1,86
			1	15,4	25,7	1,81	1,22
		нем. магн.	55	29,2	75,1	2,86	1,97
ЦОФ «Горловская»	Питание флотац.	исх. нем. магн.	11	89,40	18,65	1,88	1,22
			1	10,6	15,10	1,48	1,04
		нем. магн.	55	77,9	74,10	1,97	1,86
Шахта «Комсомолец Донбасса»	Отсев (класс 0,04-0,16мм)	исх. нем. магн.	77	64,30	28,62	2,71	
				35,70	5,7	1,3	
					69,9	5,15	
Шахта «Комсомолец Донбасса»	Отсев (класс 0,16-0,315мм)	исх. нем. магн.	77	65,00	35,31	1,57	
				35,00	13,5	1,28	
					75,8	2,12	
Шахта «Комсомолец Донбасса»	Шлам (класс 0,04-0,12мм)	исх. нем. магн.	77	65,00	27,77	2,6	
				35,00	5,45	1,26	
					67,2	5,1	
ЦОФ «Моспинская»	Шлам со дна отстойника	исх. нем. магн.	22,5	40,1	55,91	3,95	3,46
				59,9	36,8	3,48	2,96
		нем. магн.	5	34	68,7	4,26	3,8
				66	29,2	2,42	2,39
					69,6	4,94	4,07

Как видно из результатов исследований, в сильных магнитных полях возможно получение угольных концентратов зольностью 5,45% при содержании серы общей на уровне 1,26% (шахта «Комсомолец Донбасса»). Увеличение магнитной индукции приводит как к снижению зольности, так и к уменьшению содержания серы общей и серы пиритной в обогащенных продуктах. Из пробы шламов со дна отстойников ЦОФ «Моспинская» возможно получение обогащенных продуктов зольностью 29,2% при содержании серы общей на уровне 2,42%.

Проведены предварительные исследования по сухому магнитному обогащению угольных продуктов Приднепровской ГРЭС: проб исходного питания шаровой мельницы и пробы возврата классификатора. Исходный угольный продукт дробился в две стадии на щековой и валковой дробилках. Далее продукт направлялся на валковый магнитный сепаратор с NdFeB магнитной системой. Мелкозернистый продукт возврата классификатора без предварительного дробления также обогащался на валковом магнитном сепараторе. Полученные результаты разделения угольных продуктов представлены в табл. 2.

## Магнітна і електрична сепарація

Таблиця 2

Продукт	Магнитная индукция, Тл	Выход, %	Зольность, %	Сера общая, %
Исходный уголь				
Исх. ПСУ		100,0	34,5	1,2
Немаг.1	1,8	35,2	12,3	1,12
Немаг.2		30,6	10,2	1,1
Маг.		34,2	71,1	1,27
Возврат классификатора				
Исх.		100,0	23,23	1,25
Немаг.1	1,8	44,2	14,2	1,23
Немаг.2		33,3	11,9	1,18
Маг.		22,5	68,0	1,48

Как видно из результатов исследований, перемелка немагнитных продуктов приводит к снижению зольности и серы общей в обогащенных продуктах. Из проб исходного угля и возврата классификатора возможно получение методами сухой магнитной сепарации обогащенных продуктов зольностью от 10,2 до 14,2% при содержании серы общей на уровне 1,1-1,23%. Следует отметить, что в результате ранее проведенных исследований процесса мокрой магнитной сепарации подобных продуктов получены концентраты более высокого качества, с зольностью в пределах 5,4-7,6% и содержанием серы общей до 0,9%.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили возможность получения качественных угольных продуктов как мокрыми, так и сухими методами высокоградиентной магнитной сепарации. Для условий тепловых электростанций, использующих пылевидное сжигание топлива, необходимы технологические решения по сухим процессам магнитной сепарации и соответствующему сепарационному оборудованию.

### Список литературы

- 1.Справочник по обогащению углей: 2-е изд. /. Под ред. И.С. Благова. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
- 2.V.I. Karmazin, YU.S. Mostika, E.N.Savluk Investigation of the removal of ash, sulphur and other contaminants from coal by wet magnetic separation // Magnetic and Elektrical Separation. – 1995. – P. 1-8.

© Мостыка Ю.С. , Шутов В.Ю., Мостыка Е.Н., 2012

*Надійшла до редколегії 19.09.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*