

УДК 622.765

В.И. САРАНЧУК, д-р техн. наук
(Украина, Донецк, Институт физико-органической и углехимии АН Украины),
И.А. АРОВИН
(Украина, Донецк, МП ООО "Опытное производство")

ПЕРЕРАБОТКА ШЛАМОВ ИЗ НАКОПИТЕЛЕЙ И ОТСТОЙНИКОВ

Как известно [1,2] в шламонакопителях и отстойниках углеобогатительных фабрик и коксохимических заводов Украины накоплено более 150 млн.т шламов (илов), которые содержат в своем составе от 65 до 35% угля. Шламы представляют собой смесь воды с мелкоизмельченными частицами угля и породы, размеры которых не превышают 1 мм. Порядка 80 млн.т шламов обогатительных фабрик, которые перерабатывали и перерабатывают угли для коксования, должны использоваться как сырье в коксохимии, т.е. иметь зольность не более 8–10%. Такого уровня обогащения углей для коксования можно добиться только методом флотации.

Высокие результаты, полученные при флотации шихты Авдеевского коксохимического завода, позволили предположить, что при использовании в качестве флотореагентов УР-410 и его смесей с ПОД может быть получен флотоконцентрат, удовлетворяющий требования коксовиков. Для проведения исследований по флотуруемости шламов в накопителе АКХЗ были отобраны три пробы в разных концах накопителя. Зольность отобранных проб на сухое состояние была равна 34,2 , 37,9 и 43,5%, размер частичек угля и породы менее 1,0 мм. После поступления пробы в лабораторию ее сушили до воздушно–сухого состояния и подвергали флотации, используя различные концентрации и сочетания флотореагентов УР-410 и ПОД (таб. 1).

Каждая проба была обогащена в четырех режимах – два только с УР-410 и два со смесью УР-410 и ПОД. Во всех опытах был получен флотоконцентрат

зольністю 10–15%, причем, при використанні тільки УР-410 зольність концентрата нижче (10,0–11,2%), чем при примененні смесей. Добавки ПОД приводят к підвищенню вихода концентрата, супроводжающемуся некоторым підвищенням его зольности. Выход отходов при використанні смеси реагентів значительно знижується при одночасному підвищенні их зольности. Выход концентрата знижується с увеличением зольности исходной пробы и растет с увеличением удельного расхода реагентів. Зольность отходов растет с ростом удельного расхода реагентів и всегда выше при використанні смеси флотореагентів.

Таблиця 1

Зольность шламов, %	Расход реагентів, кг/т		Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля, %
	УР-410	ПОД	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	
34,2	1,0	0,08	61,3	13,3	38,4	68,0	80,7
34,2	1,25	0,00	37,8	10,5	61,9	43,8	51,4
34,2	1,5	0,00	59,1	11,2	40,6	68,1	80,3
34,2	1,5	0,15	69,5	15,3	30,2	78,1	89,5
37,9	1,0	0,08	55,8	10,6	43,9	70,8	80,2
37,9	1,25	0,00	40,8	10,0	58,9	55,9	59,1
37,9	1,5	0,00	44,8	10,7	54,6	60,3	64,4
37,9	1,5	0,15	60,2	11,4	39,5	78,7	86,0
43,4	1,0	0,08	50,6	10,4	49,1	77,9	80,2
43,4	1,25	0,00	46,4	10,7	53,3	72,2	73,2
43,4	1,5	0,00	51,2	11,4	48,5	77,7	80,3
43,4	1,5	0,15	46,4	12,1	53,3	70,9	72,1

Степень извлечения угля изменяется от 51,4 до 80,3% при використанні УР-410 и от 72,1 до 89,5% при використанні смеси. Добавка ПОД ведет к увеличению вихода концентрата и степени извлечения угля, снижению вихода и увеличению зольности отходов. Кроме того, несколько повышается зольность концентрата.

Исследования показали, что флотация хвостов из накопителя АКХЗ позволяет обогатить их, используя в качестве флотореагентів УР-410 как самостоятельно, так и в сочетании с добавками ПОД. Предварительно установлено, что на количество и качество полученного концентрата влияют зольность исходного материала, количество комплексного флотореагента и

добавок неионогенного поверхностно активного вещества, каковым является ПОД и их соотношение.

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что флотация угольных шламов флотореагентом УР-410 возможна, однако с довольно высокой зольностью и низкими выходами концентрата и малой степенью извлечения угля.

Для более детального исследования процесса флотации хвостов флотации в том же накопителе АКХЗ были отобраны еще 6 проб, технический анализ которых приведен в табл. 2.

Таблица 2

Определяемый параметр	Номер пробы					
	1	2	3	4	5	6
Исходная влажность, %	37,6	6,2	23,5	10,2	12,3	17,4
Зольность, %	35,83	42,67	41,31	34,47	50,52	37,35
Содержание частиц более 1 мм, %	1,3	1,8	2,1	0,7	2,2	1,7
Содержание серы, %	1,06	0,89	0,89	1,13	1,25	0,97

Из табл. 2 следует, что шламы состоят преимущественно из частиц с размерами менее 1 мм. Более крупные частицы являются посторонними включениями. Зольность находится в пределах 34,5–50,5%, что свидетельствует о довольно высоком содержании в них угля. Количество серы примерно соответствует аналогичному показателю шихты для коксования.

В связи с высоким содержанием угля в шламе (50–65%) были проведены лабораторные исследования по прямой флотации шламов с использованием флотореагента УР-410 1,5 кг/т и его модификаций (табл. 3).

В качестве модификаторов были избраны флотореагенты Т-66 и ПОД в количестве 10% от количества УР-410. В данной серии опытов были подтверждены полученные ранее закономерности при взаимодействии флотореагента и модификаторов на характер процесса обогащения.

Таблица 3

Зольность шлама, %	Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля, %
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	
Флотореагент УР-410					
34,5	48,63	12,1	51,37	60,5	67,62
35,8	48,87	12,3	51,13	58,3	66,76
37,4	39,75	13,7	60,25	62,6	54,80
42,2	36,63	15,1	63,37	59,6	54,27
43,3	33,00	19,5	67,00	55,0	45,85
50,5	31,63	20,4	68,37	64,4	50,86
УР-410 с модификатором 1 (ПОД)					
34,5	68,8	12,5	31,2	84,0	92,16

35,8	67,3	12,2	32,7	84,4	92,04
37,4	61,0	12,4	39,0	76,5	85,36
42,7	57,0	12,7	43,0	82,5	86,84
43,3	48,2	12,8	51,8	71,7	74,13
50,4	45,2	12,5	54,8	76,8	73,37
УР-410 с модификатором 2 (Т-66)					
34,5	58,25	9,9	41,75	87,4	78,88
35,8	55,37	10,5	44,63	67,2	77,19
37,4	52,00	11,9	48,00	65,0	73,18
42,7	51,00	12,4	49,00	70,2	77,56
43,3	50,00	12,4	50,00	74,2	77,24
50,4	42,87	17,8	57,13	74,7	71,05

Из приведенных в табл. 3 данных следует, что прямая флотация угольных шламов флотореагентом УР-410 возможна, однако с довольно высокой зольностью получаемых концентратов. Зольность отходов при этом увеличивается по сравнению с зольностью флотируемых шламов, однако, не превышает значения 64%. Степень извлечения угля в концентрат для различных образцов изменяется от 45,8 до 67,6%.

Применение в качестве модифицирующих добавок ПАВ 1 и 2 в количестве 10% от расхода УР-410 (табл. 3) значительно улучшает показатели флотации. Выход концентрата в ряду исследуемых проб составляет 42,9–68,8% при изменении зольности концентрата от 9,9 до 17,8%. Зольность отходов превышает 70% при значительной до 92% степени извлечения угля в концентрат. Лучшие результаты получены при применении ПОД.

Полученные данные позволяют сделать вывод о недостаточной степени обогащения хвостов флотации из накопителя АКХЗ при использовании в качестве флотореагента УР-410. Добавка пенообразователей позволяет повысить степень обогащения шламов, и такой способ флотации со сложным флотореагентом может быть предложен для промышленного использования, однако, он не обеспечивает необходимой зольности концентрата и его внедрение требует строительства отдельного флотационного комплекса.

Для проверки влияния состава шламов на степень обогащения были выполнены исследования на шламах из трех накопителей Макеевского коксохимического завода (табл. 4 и 5) и из накопителя ГП "Антрацит" (табл. 6).

В результате флотации пяти проб шламов Макеевского КХЗ зольностью от 29,9 до 56,4% флотореагентом УР-410 при расходе флотореагента 1,25 кг/т (табл. 4) получен концентрат с зольностью от 13,0 до 37,2%, выход которого изменяется от 17,0 до 36,8% при степени извлечения угля от 23,52 до 51,23%. Зольность отходов была значительно ниже рекомендуемой (70%) и изменялась от 39,7 до 60,4%.

Таблица 4

Зольность шлама $A_{ш}^d, \%$	Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля, %
	Выход, %	Зольность, $A_{к}^d, \%$	Выход, %	Зольность, $A_{о}^d, \%$	
29,9	36,75	13,0	63,25	39,7	45,68
45,6	36,62	23,1	63,38	58,7	51,23
49,4	21,62	25,7	78,38	55,9	31,75
54,3	21,25	32,8	78,75	60,1	31,25
56,4	17,00	37,2	83,00	60,4	23,52

Таблица 5

Зольность шлама $A_{ш}^d, \%$	Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля, %
	Выход, %	Зольность, $A_{к}^d, \%$	Выход, %	Зольность, $A_{о}^d, \%$	
29,9	50,00	12,6	50,00	47,2	62,34
45,6	42,50	17,5	57,50	66,4	64,45
49,4	40,75	25,5	59,25	66,5	60,00
54,3	36,25	25,9	63,75	70,4	58,78
56,4	27,85	36,2	72,15	64,2	40,75

При флотации тех же проб реагентом УР-410 (1,25 кг/т) в присутствии ПОД (0,1 кг/т) эффективность обогащения возросла, однако удовлетворительные результаты не были получены (табл. 5). Выход концентрата вырос на 6–18%, при немного снизившейся зольности, что привело к увеличению степени извлечения угля на 13–28%.

Для изучения влияния степени метаморфизма на эффективность флотации шламов из накопителей были проведены исследования пробы из накопителя ГП "Антрацит", перерабатывающего антрациты (табл. 6). Характер влияния различных факторов на эффективность обогащения аналогичен тому, который получен при флотации шламов из накопителей коксохимических заводов. При увеличении концентрации УР-410 возрастает выход и снижается зольность концентрата при увеличении степени извлечения угля. Добавки 10–15% ПОД при расходе УР-410 1,5–2, 0 кг/т повышают степень извлечения угля до 83,4–86,0%, зольность отходов до 71,8–75,0%. Выход концентрата растет до 62,5–64,6% при зольности 13,1–13,3%. Состав концентрата и достигнутая эффективность обогащения вполне удовлетворяет требованиям к энергетическим углям, что позволяет рекомендовать такие режимы флотации для обогащения шламов из накопителей предприятий, перерабатывавших и перерабатывающих антрациты.

Таблица 6

Флотореагент	Расход флотореагента, кг/т	Концентрат		Отходы		Степень извлечения, угля, %
		Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	

УР-410	1,25	36,9	20,6	63,1	43,5	45,0
УР-410	1,50	48,1	13,8	51,9	54,8	63,7
15% р-р ПОД в УР-410	1,50	62,5	13,1	37,5	71,8	83,4
15% р-р ПОД в УР-410	1,25	44,3	17,0	55,7	49,4	56,5
10% р-р ПОД в УР-410	1,50	43,3	20,6	56,7	46,0	52,8
10% р-р ПОД в УР-410	2,0	64,6	13,3	35,4	75,0	86,0

Проведенные исследования показали, что применение способа прямой флотации шламов из накопителей обогатительных фабрик с использованием в качестве флотореагентов УР-410 с добавками ПОД и Т-66 не позволяет получать концентрат с зольностью 8–10%, допустимый как сырье для коксования, но вполне отвечает требованиям к концентратам антрацита, как энергетического топлива. Аналогичные результаты получены при обогащении шламов из накопителя ЦОФ "Дзержинская" (табл. 7), обогащающей угли марки Ж.

Как видно из полученных результатов, эффективность флотации шламов повышается при снижении зольности исходного продукта, что можно достигнуть, смешивая шламы из отстойников с поступающим на обогащение питанием флотации. Для проверки этого предположения и определения оптимальных соотношений исходных материалов была проведена серия испытаний на смесях питания флотации со шламами из отстойников различных предприятий (табл. 7–11).

Таблица 7

Зольность шлама А ^с , %	Флотореагент	Расход флото-реагента, кг/т	Концентрат		Расходы		Степень извлечения угля, %
			Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	
25,45	УР-410	1,5	80,0	14,3	19,7	71,1	91,9
25,45	УР-410	1,0	42,9	13,5	56,8	34,6	49,8
25,45	УР-410	0,5	32,4	20,1	67,3	28,1	34,7
25,45	5% раствор масла ПОД в УР-410	0,5	33,8	18,5	65,9	29,1	37,0
54,1	УР-410	1,5	35,0	25,8	64,7	69,5	58,1

54,1	УР-410	2,0	35,7	31,1	64,0	67,2	53,6
54,1	20% раствор масла ПОД в УР-410	1,5	46,1	21,1	53,6	82,8	79,3
54,1	20% раствор масла ПОД в УР-410	1,25	45,6	21,9	54,1	81,7	77,6
54,1	20% раствор масла ПОД в У410	1,0	32,5	48,5	67,2	57,0	36,5

Результаты флотации отходов из накопителей обогатительных фабрик Авдеевского КХЗ (табл. 8), Ясиновского КХЗ (табл. 9, 10) и Горловского КХЗ (табл. 11) с питанием флотации Авдеевского КХЗ подтвердили это предположение. Предварительные опыты показали, что целесообразна добавка до 10% шлама из накопителя без значительного изменения состава концентрата и показателей эффективности флотации.

При флотации угольно – шламовых смесей Авдеевского КХЗ (табл. 8) добавка шлама не оказывает существенного влияния на результаты обогащения. Практически не изменяется выход концентрата и незначительно на 1,2–1,7% возрастает его зольность. Степень извлечения угля не зависит от величины добавки, а определяется расходом флотореагента, составляя 86,6–89,6% при расходе флотореагента УР-410 1 кг/т и 92,5–93,5% при расходе флотореагента 2 кг/т. При флотации шлама из накопителя степень извлечения угля в концентрат составила 67,6 и 79,2% при зольности концентрата 17,2 и 18,5%.

Таблица 8

Состав шихты	Исходные данные	Расход флотореа- гента УР-410, кг/т	Концентрат		Отходы		Степень извлече- ния уг- ля в конц., %
			Выход, %	Зольнос- ть, %	Выход, %	Зольнос- ть, %	
Шихта 100%	28,7	1	66,5	7,2	33,5	71,3	86,6
Шихта 98%	29,1	1	68,6	7,4	31,4	76,4	89,6

Флотація

Шлам 2%								
Шихта 95%								
Шлам 5%	29,7	1	64,8	8,1	35,2	69,6	84,7	
Шихта 90%								
Шлам 10%	30,6	1	67,2	8,9	32,8	75,0	88,2	
Шлам 100%	47,7	1	42,7	17,2	57,3	70,5	67,6	
Шихта 100%	28,7	2	73,1	8,8	26,9	83,8	93,5	
Шихта 98%								
Шлам 2%	29,1	2	72,3	8,8	27,7	82,4	93,0	
Шихта 95%								
Шлам 5%	29,7	2	72,5	9,8	27,5	83,0	93,0	
Шихта 90%								
Шлам 10%	30,6	2	71,3	10,0	28,7	82,6	92,5	
Шлам 100%	47,7	2	50,8	18,5	49,2	77,8	79,2	

Таблиця 9

Состав шихты	Исходная зольность А ^с %	Расход флотореагента УР-410, кг/т	Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля, %
			Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	
Уголь 100%	24,4	1,25	79,4	6,2	20,6	95,6	94,6
Уголь 98%							
Шлам 2%	24,6	1,25	78,1	7,0	21,9	88,7	97,4
Уголь 95%							
Шлам 5%	25,1	1,25	70,2	6,6	29,8	69,6	87,6
Уголь 90%							
Шлам 10%	25,9	1,25	70,6	7,1	29,4	70,5	88,5
Шлам 100%	39,4	1,25	25,8	30,2	74,2	42,6	29,6
Уголь 100%	24,4	2,0	76,9	7,2	23,1	82,5	94,3
Уголь 98%							
Шлам 2%	24,6	2,0	78,1	7,0	21,9	88,6	96,3
Уголь 95%							
Шлам 5%	25,1	2,0	77,5	7,1	22,5	88,6	96,2
Уголь 90%							
Шлам 10%	25,9	2,0	76,4	7,3	23,6	87,3	95,6
Шлам 100%	39,4	2,0	24,1	23,3	75,9	44,7	30,7

Таблиця 10

Состав шихты	Исходная	Расход флотореагента	Концентрат		Отходы		Степень
			Выход,	Зольность, %	Выход,	Зольность	
	я						п

	зольность А ^с , %	та УР-410, кг/т	%		%	, %	извлечения угля, %
Уголь 100%	24,4	1,25	77,4	6,6	22,6	85,4	95,6
Уголь 98%	24,6	1,25	76,5	6,7	23,5	83,9	94,7
Шлам 2%							
Уголь 95%	25,0	1,25	75,0	6,4	25,0	82,0	93,7
Шлам 5%							
Уголь 90%	26,6	1,25	72,0	6,5	28,0	75,8	90,6
Шлам 10%							
Шлам 100%	37,1	1,25	41,0	19,3	59,0	49,5	52,6
Уголь 100%	24,4	2,0	76,9	7,2	23,1	82,5	94,3
Уголь 98%	24,6	2,0	75,9	7,1	24,1	80,8	93,5
Шлам 2%							
Уголь 95%	25,0	2,0	77,3	7,0	22,7	87,2	95,9
Шлам 5%							
Уголь 90%	26,6	2,0	75,0	7,0	25,0	82,7	93,9
Шлам 10%							
Шлам 100%	37,1	2,0	41,6	16,6	58,4	51,7	55,2

Таблица 11

Флотируе-м ый материал	Исход-н ая золь-но сть, %	Расход флотореаген- та УР-410, кг/т	Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля, %
			Выход, %	Зольность ь, %	Выход, %	Зольность, %	
Уголь 100%	25,4	1	67,4	6,6	32,3	64,8	88,4
Уголь 98%	25,7	1	69,7	6,9	30,0	69,7	87,4
Шлам 2%							
Уголь 95%	26,2	1	72,2	7,7	27,5	75,2	90,3
Шлам 5%							
Уголь 90%	27,0	1	71,2	8,1	28,5	74,5	89,6
Шлам 10%							
Шлам 100%	42,8	1	43,9	23,4	55,8	57,1	75,7
Уголь 100%	25,4	1,5	74,5	6,9	25,2	79,6	92,7
Уголь 98%	25,7	1,5	74,3	7,1	25,4	80,0	92,8
Шлам 2%							
Уголь 95%	26,2	1,5	72,5	7,2	27,2	76,9	91,06
Шлам 5%							
Уголь 90%	27,0	1,5	73,6	7,7	26,1	81,6	93,0
Шлам 10%							
Шлам 100%	42,8	1,5	50,0	22,6	49,7	63,5	77,4

Аналогичные опыты были проведены с шламами из накопителей ОФ Ясиновского КХЗ (табл. 9, 10). На заводе имеется два накопителя (верхний (табл. 9) и нижний (табл. 10), состав шламов из которых (табл. 12) отличается только по фракционному составу. Результаты данных исследований аналогичны

полученным ранее на шламе АКХЗ, но в данной серии опытов расход реагента оказывает меньшее влияние на степень извлечения угля. Получаемый концентрат имеет зольность 6,2–7,3%, причем с ростом расхода флотореагента имеются тенденции к росту выхода и зольности концентрата.

Таблица 12

Определяемый параметр	Верхний	Нижний
Исходная влажность, %	19,9	18,4
Влажность в воздушно-сухом состоянии, %	1,0	1,3
Содержание серы, %	1,05	1,05
Зольность, %	39,4	37,1
Содержание частиц < 0,5 мм, %	71,6	52,0
Содержание частиц 0,5–1 мм, %	19,8	22,3
Содержание частиц 1–2 мм, %	4,0	23,3
Содержание частиц > 2 мм, %	4,3	2,4

Результаты совместной флотации питания Авдеевской ОФ со шламами из накопителя Горловского КХЗ (табл. 11) не имеют существенного отличия от полученных ранее.

При совместной флотации шихты АКХЗ со шламом из отстойника ЦОФ "Дзержинская" (табл. 13), в котором находятся отходы обогащения угля марки Ж, получены результаты, свидетельствующие о возможности применения шламов углей одной марки для использования в процессе флотации с шихтой для коксования. В этой же серии опытов было проверено влияние добавки ПОД на процесс совместной флотации шихты и материала из накопителя.

Добавка 0,1 кг/т пенообразователя ПОД ведет к повышению на 3–5% выхода концентрата при одновременном повышении его зольности на 3%. Выход отходов снижается на 3–5%, а их зольность возрастает на 3–5%. На 2–3% возрастает степень извлечения угля в концентрат.

Таблица 13

Состав шихты, %	Зольность шихты, А ^с , %	Реагентный режим, кг/т	Концентрат		Отходы		Степень извлечения угля в концентрат, %
			Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	
1	2	3	4	5	6	7	8
Уголь 100%	24,4	УР-410 – 1	72,0	5,6	27,7	73,6	88,4
Уголь 98% Шлам 2%	24,9	УР-410 – 1	70,9	5,8	28,8	72,2	88,9
Уголь 95% Шлам 5%	25,7	УР-410 – 1	71,9	6,1	27,8	76,7	90,8
Уголь 90% Шлам 10%	27,0	УР-410 – 1	66,9	6,0	32,8	70,1	86,1

Флотація

Шлам 100%	51,0	УР-410 – 1	35,6	15,8	64,1	70,8	61,2
Уголь 100%	24,4	УР-410 – 2	79,4	7,4	20,4	91,0	97,2
Уголь 98%	24,9	УР-410 – 2	78,8	7,0	21,0	92,5	97,5
Шлам 2%							
Уголь 95%	25,7	УР-410 – 2	76,3	6,9	23,5	87,3	95,6
Шлам 5%							
Уголь 90%	27,0	УР-410 – 2	73,9	7,0	25,8	84,6	94,1
Шлам 10%							

Продолжение табл. 13

1	2	3	4	5	6	7	8
Шлам 100%	51,0	УР-410 – 2	36,6	14,9	68,1	68,0	54,9
Уголь 100%	25,6	УР-410 – 1 ПОД – 0,1	73,6	9,2	23,5	79,1	92,6
Уголь 98%	25,8	УР-410 – 1 ПОД – 0,1	75,3	9,1	24,5	77,2	92,0
Шлам 2%							
Уголь 95%	26,8	УР-410 – 1 ПОД – 0,1	75,5	8,8	24,2	82,2	93,7
Шлам 5 %							
Шлам 100%	51,0	УР-410 – 1 ПОД – 0,1	54,5	22,3	45,2	86,0	86,0

На основании проведенных исследований был разработан и запатентован способ обогащения таких смесей [3], который используется на ОФ Авдеевского КХЗ. За период с 2002 по 2006 годы переработано более 200 тыс.т. отходов.

Список литературы

1. Курченко И.П., Золотко А.А. Состояние проблемы и перспективы развития обогащения углей в Украине – Збагачення корисних копалин, - 2004, №20 (61), - с.3-11.
2. Курченко И.П., Золотко А.А. Резервы увеличения ресурсов и улучшения качества угля средствами обогащения. Уголь Украины, 2003, № 8, с. 45-49.
3. Пат. 52413 А Україна МПК⁷ ВОЗД 1/02. Спосіб флотації важкозбагачуванного вугілля. / І.О. Аровін, В.Е. Гавриленко, Л.Я. Галушко та ін. (Україна МП "Дослідне виробництво"), № 2002053862. Заявлено 11.05.2002. Опубл. 16.12.2002, бюл. № 12.-2с.

© Саранчук В.И., Аровин И.А., 2006

*Надійшла до редколегії 01.03.2006 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н В.С. Білецьким*

УДК 622.765

О.А. МОРОЗОВ, канд. техн. наук,
С.О. ФЕДОСЕЕВА
(Украина, Луганск, "Укрниуглеобогащение"),
К.Ф. КИТАМ

69

Збагачення корисних копалин, 2006. – Вип. 25(66)–26(67)