

эффективность его применения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571 с.
2. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев М.И. Стальные рамные крепи горных выработок. – К.: Техніка, 1999. – 216 с.
3. Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Кублицкий Е.В., Мороз О.К. О влиянии жесткости каркасной крепи усиления на смещения пород кровли // Известия Донецкого горного института. 2001. № 1. – С. 59-61.
4. С.С. Гребенкин, Г.И.Соловьев, И.К.Демин, Ю.Н.Панфилов, Негрей С.Г., Нефедов В.Е., Малышева Н.Н. О сохранении устойчивости конвейерных штреков глубоких шахт / Вестник НГАУ, Днепропетровск, 2003. – №10. – С. 31-33.
5. Г.И.Соловьев, С.С. Гребенкин, Ю.Н.Панфилов, А.П.Ковшевный, Н.Н. Малышева, В.Е.Нефедов О возможности перераспределения повышенной нагрузки между комплектами арочной крепи выемочных выработок глубоких шахт / Вестник НГАУ, Днепропетровск, 2004. – №10. – С. 48-52.
6. Соловьев Г.И., Панфилов Ю.Н., Толкачев А.Ф., Малышева Н.Н. Определение рациональных параметров арочной крепи с усиливающим сегментом жесткости / Вісті Донецького гірн. інст., Донецьк, 2005, №1, С 39-46.
7. Шевченко Ф.Л. Изгиб стержневых систем. Донецк, ДПИ. – 1984.

УДК 622.794.3.001.5

В.П. Надутый, А.М. Эрперт,  
А.И. Шевченко

#### МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ШЛАМОВ ИЗ ИЛОНАКОПИТЕЛЕЙ

Наведено математичну модель, що дозволяє одержати якісну характеристику шламів шляхом встановлення середнього вмісту вугілля і золи у мулонакопичувачі на основі аналізу проб взятих у різних точках по його площі.

#### METHOD OF QUALITY ESTIMATION OF SLIMES FROM SLIME ACCUMULATORS

The mathematical sample piece permitting to receive the qualitative performance of slimes by an ascertaining of a mean content of coal and ashes in the accumulator of slime on the basis of analysis of samples taken in different dots on its floor space.

Недостаток ресурсов теплоносителей в Украине требует изыскания дополнительных источников топлива за счет вовлечения в топливный баланс страны забалансовых шламов и продуктов накопителей, образовавшихся в процессе эксплуатации фабрик.

По данным института УкрНИИуглеобогащение [1, 2] на фабриках Минуглепрома Украины хранится в отстойниках и илонакопителях 115 880 тыс. т шламовых продуктов различной зольности.

В том числе, тыс. т:

- |  |        |
|--|--------|
| – шламовые продукты зольностью до 45 %,    | 2150;  |
| – шламовые продукты зольностью 45-60 %,    | 40010; |
| – шламовые продукты зольностью свыше 60 %, | 73720. |

Наличие шламов, а также их различие по зольности, как показано выше, является результатом несовершенства существующей технологии обогащения угля.

Огромные запасы отходов обогащения в хранилищах фабрик с высоким содержанием угля (по существу техногенных месторождений) и требования экологической безопасности [3,4] определяют актуальность исследований и анализа практического опыта переработки шламов различной категории.

Поскольку шламы представляют собой углеродносиликатную массу, физическая сущность метода переработки шламов заключается в разделении их на составляющие: углерод – силикаты, что в полной мере до недавнего времени при существующей технологии не представлялось возможным выполнять достаточно эффективно [5,6].

Однако в последнее время появились новые технические возможности – получение низкозольного угольного концентрата из высокозольного шлама путем тонкой классификации с выбором зоны классов крупности, имеющей высокое содержание угля [5,6].

В ИГТМ НАН Украины разработаны вибрационные грохоты для тонкой классификации сухих сыпучих материалов и пульп. Их работа основана на использовании динамической активности эластичной рабочей поверхности (сита) специальной конструкции, работающей в резонансном режиме с частотой колебаний привода грохота. При этом частоты колебаний должны обеспечивать высокую текучесть грохотимой горной массы через отверстия динамически активного сита [7,8]. Испытания грохотов при переработке отходов обогащения из илонакопителя [5,6] подтвердили высокую эффективность их работы и были рекомендованы для технологии тонкой классификации угольных шламов.

Задачами разделения в этих исследованиях являлось получение:

- углеродной составляющей пригодной для коксования и, особенно, использования в энергетике;
- зольного остатка с последующей его утилизацией.

Для наглядности вышеизложенного в качестве примера приведем данные анализа шламов из трех точек илонакопителя обогатительной фабрики, показанные в табл. 1-3.

Таблица 1 – Характеристика пробы в точке 1 с зольностью исходного продукта  $A^d = 29,93$  %.

№ п/п	Классы, мм	Выход класса $\gamma$ , %	Зольность класса $A^d$ , %	Содержание золы в классе $c_z$ , %	Содержание угля в классе $c_y$ , %
1	+2,5-5,0	0,01	5,7	0,001	0,009
2	+1,6-2,5	0,08	8,04	0,006	0,074
3	+1,0-1,6	0,73	15,35	0,112	0,618
4	+0,63-1,0	6,37	18,38	1,171	5,199
5	+0,315-0,63	33,66	15,66	5,271	28,389
6	+0,2-0,315	12,53	25,98	3,255	9,275
7	+0,1-0,2	12,43	27,61	3,432	8,998
8	+0,05-0,1	7,28	33,66	2,45	4,83
9	0-0,05	26,91	48,19	12,967	13,943
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 28,66$	$\Sigma = 71,34$

Проба 1 имеет зольность исходного продукта  $A^d = 29,93$  % при содержании угля 71,34 %. Наиболее высокое содержание угля в классе +0,315-0,63 мм.

Таблица 2 – Характеристика пробы в точке 2 с зольностью исходного продукта  $A^d = 33,55$  %.

№ п/п	Классы, мм	Выход класса $\gamma$ , %	Зольность класса $A^d$ , %	Содержание золы в классе $c_z$ , %	Содержание угля в классе $c_y$ , %
1	+2,5-5,0	0,012	11,08	0,001	0,011
2	+1,6-2,5	0,012	14,82	0,002	0,01
3	+1,0-1,6	0,02	23,16	0,005	0,015
4	+0,63-1,0	0,026	19,19	0,005	0,021
5	+0,315-0,63	0,41	10,72	0,044	0,366
6	+0,2-0,315	0,71	8,47	0,06	0,65
7	+0,1-0,2	4,05	8,72	0,353	3,697
8	+0,05-0,1	5,71	16,46	0,939	4,771
9	0-0,05	89,05	41,65	37,089	51,961
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 38,5$	$\Sigma = 61,5$

Проба 2 имеет зольность исходного продукта  $A^d = 33,55$  % при содержании угля 61,5 %. Наиболее высокое содержание угля в классе 0-0,05 мм.

Таблица 3 – Характеристика пробы в точке 3 с зольностью исходного продукта  $A^d = 30,21$  %.

№ п/п	Классы, мм	Выход класса $\gamma$ , %	Зольность класса $A^d$ , %	Содержание золы в классе $c_z$ , %	Содержание угля в классе $c_y$ , %
1	+2,5-5,0	0,24	85,4	0,205	0,035
2	+1,6-2,5	0,02	25,6	0,005	0,015
3	+1,0-1,6	0,02	32,3	0,006	0,014
4	+0,63-1,0	0,03	33,66	0,01	0,02
5	+0,315-0,63	2,55	11,69	0,298	2,252
6	+0,2-0,315	12,31	15,5	1,908	10,402
7	+0,1-0,2	27,61	16,88	4,661	22,949
8	+0,05-0,1	11,86	29,8	3,534	8,326
9	0-0,05	45,36	44,08	19,995	25,365
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 30,62$	$\Sigma = 69,38$

Проба 3 имеет зольность исходного продукта  $A^d = 30,21$  % при содержании угля 69,38 %. Наиболее высокое содержание угля в классах +0,1-0,2 мм и 0-0,05 мм.

Как видно из приведенных данных все три пробы различаются по содержанию угля и золы в классах.

Поэтому разработке технологии по извлечению и переработке продуктов илонакопителей должно предшествовать детальное исследование качественной характеристики по всему объему хранилища.

Метод оценки качества шламов осуществляется с помощью отбора проб, их анализа и последующей обработки на математической модели для оптимизации извлечения углеродной части на основании информации гранулометрического

и минералогического состава шламов [5,6].

Целью данной работы является разработка математического аппарата, который позволит оценить качество шламов из илонакопителя на основании расчета выхода классов с максимальным содержанием угля при минимальном содержании золы.

#### Метод оценки качества шламов.

Производится опробование шламов шламохранилища углеобогатительной фабрики. В разных точках илонакопителя (примерно равномерно по площади) отбирается  $n$  проб. Каждая проба разбивается на классы по крупности, определяется выход каждого класса и его зольность. Результаты опробования задаются таблицей 4.

Для переработки шламы могут отбираться двумя способами:

– отбор производится из конкретного места илонакопителя в районе  $i$ -го опробования; в этом случае характеристика перерабатываемого материала определяется таблицей соответствующей пробы (вариант  $a$ );

– отбор производится посредством усреднения материала из разных точек опробования; в этом случае данные всех проб объединяются и вычисляются усредненные характеристики (вариант  $b$ ).

Таблица 4 – Результаты опробования шламов илонакопителя

№ п/п	Класс крупности, мм	Выход класса $\gamma$ , %	Зольность класса $A^d$ , %
1	+2,5	$\gamma_1$	$A^d_1$
2	+1,6	$\gamma_2$	$A^d_2$
3	+1,0	$\gamma_3$	$A^d_3$
4	+0,63	$\gamma_4$	$A^d_4$
5	+0,315	$\gamma_5$	$A^d_5$
6	+0,2	$\gamma_6$	$A^d_6$
7	+0,1	$\gamma_7$	$A^d_7$
8	+0,05	$\gamma_8$	$A^d_8$
9	-0,05	$\gamma_9$	$A^d_9$

Рассмотрим методику расчета для каждого из описанных вариантов.

#### Вариант $a$ .

Выполним расчет выхода, содержания золы и угля накопленным итогом. Обозначим:

$\sigma_i$  - выход классов крупности с 1-го по  $i$ -й;

$N_{Z_i}$  – накопленное количество золы (%) в первых  $i$  классах крупности;

$N_{Y_i}$  – накопленное количество угля (%) в первых  $i$  классах крупности.

Очевидно, что

$$\sigma_1 = \gamma_1, \quad N_{Z_1} = A^d_1, \quad N_{Y_1} = 100 - N_{Z_1}.$$

Для последующих классов крупности имеем:

$$G_i = G_{i-1} + \gamma;$$

$$N_{Z_i} = (G_{i-1} \cdot N_{Z_{i-1}} + A_i^d \gamma_i) / G_i;$$

$$N_{Y_i} = 100 - N_{Z_i}.$$

В основной массе проб по мере уменьшения крупности содержание золы растет. Это свидетельствует о том, что накопленный выход классов и накопленное содержание золы представляет собою неубывающие зависимости от индекса  $i$ .

Если задано нормативное содержание золы в газовом продукте  $A_{\text{норм.}}^d$ , то всегда можно по кумулятивным зависимостям найти такие первые  $k$  классов, для которых

$$N_{Z_k} \leq A_{\text{норм.}}^d.$$

Этим классам соответствует выход продукта  $G_k$  и содержание угля  $N_{Y_k}$ , которые можно получить при отделении этих классов крупности.

#### **Вариант б.**

Предполагается, что материал, соответствующий каждой пробе, входит в классифицируемую смесь с долевым вкладом

$$d_j, \quad \sum_{j=1}^n d_j = 1.$$

Если пробы расположены равномерно по площади илонакопителя, то  $d_j = 1/n$ ; иначе эти показатели следует вычислять с учетом геометрии расположения проб.

Для каждого класса крупности вычисляются средние значения показателей:

$$\bar{\gamma}_i = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} d_j,$$

$$\bar{A}_i^d = \sum_{j=1}^n A_{ij}^d d_j,$$

где  $\gamma_{ij}$  - выход  $i$ -го класса крупности в  $j$ -й пробе;  $A_{ij}^d$  - зольность в  $j$ -й пробе  $i$ -го класса крупности.

После вычисления средних значений показателей последующие расчеты выполняются так же, как и для варианта  $a$ .

В качестве иллюстрации приведем расчет показателей  $G_i$ ,  $N_{Z_i}$ ,  $N_{Y_i}$  по результатам опробования илонакопителя обогатительной фабрики. Было отобрано 14 проб (табл. 5), по которым были рассчитаны итоговые показатели (табл. 6). Затем были вычислены выход, содержание золы и угля накопленным итогом (табл. 7).



Продолжение таблицы 5 - Результаты опробования илонакопителя обогащительной фабрики по 14 точкам

Класс крупности	Выход, %	Зольн., %		Выход, %		Зольн., %		Сум. вых.	Сум. зольн.
		Точка 13	Точка 14	Точка 13	Точка 14				
>2,5	0,34	1,2	2,36	0,49	0,83	3,56			
>1,6	0,84	1,16	3,8	0,66	1,5	4,96			
>1,0	2,41	1,24	2,04	1,42	3,83	3,28			
>0,63	7,03	1,56	1,93	2,27	9,3	3,49			
>0,315	18,56	3,6	4,62	6,73	25,29	8,22			
>0,2	10,22	10,07	16,68	4,72	14,94	26,75			
>0,1	9,57	16,25	27,94	10,68	20,25	44,19			
>0,05	7,07	31,49	28,45	7,03	14,1	59,94			
<0,05	43,96	68,87	58,6	66,0	109,96	127,47			

Таблица 6 - Расчет итоговых показателей по результатам опробования илонакопителя обогащительной фабрики

Класс крупности	Выход, %	Зольность, %	Зола, %	Уголь, %
>2,5	1,264286	13,06357	0,165161	1,099125
>1,6	1,652143	16,57429	0,273831	1,378312
>1,0	2,970714	16,21357	0,481659	2,489055
>0,63	4,808571	17,67643	0,849984	3,958588
>0,315	13,28429	23,70214	3,14866	10,13563
>0,2	7,102143	36,215	2,572041	4,530102
>0,1	9,391429	48,26929	4,533175	4,858253
>0,05	5,688571	50,76357	2,887722	2,800849
<0,05	53,83786	69,16714	37,23811	16,59975
		Суммы	52,15034	47,84966

Таблица 7 – Расчет выхода классов, содержания золы и угля накопленным итогом

Класс крупности	Выход, %	Зола, %	Уголь, %
2,5	1,264286	13,06357	86,93643
1,6	2,916429	15,05237	84,94,783
1,0	5,887143	15,63833	84,36167
0,63	10,69571	16,55461	83,44539
0,315	23,98	20,51416	79,48584
0,2	31,08214	24,10174	75,89826
0,1	40,47357	29,70954	70,29046
0,05	46,16214	32,30403	67,69597
0	100	52,15034	47,84966

Предположим, что нормативное содержание золы в готовом продукте  $A_{\text{норм}}^d = 25\%$ . Из рисунка 1 видно, что следует выделить все классы крупности от +2,5 до +0,2. При этом получим

$$G = 31,08\%, \quad N_z = 24,1\%, \quad N_y = 75,9\%.$$

Включение в классифицируемый материал класса +0,1 приведет к нарушению условия  $N_z \leq A_{\text{норм}}^d$ .

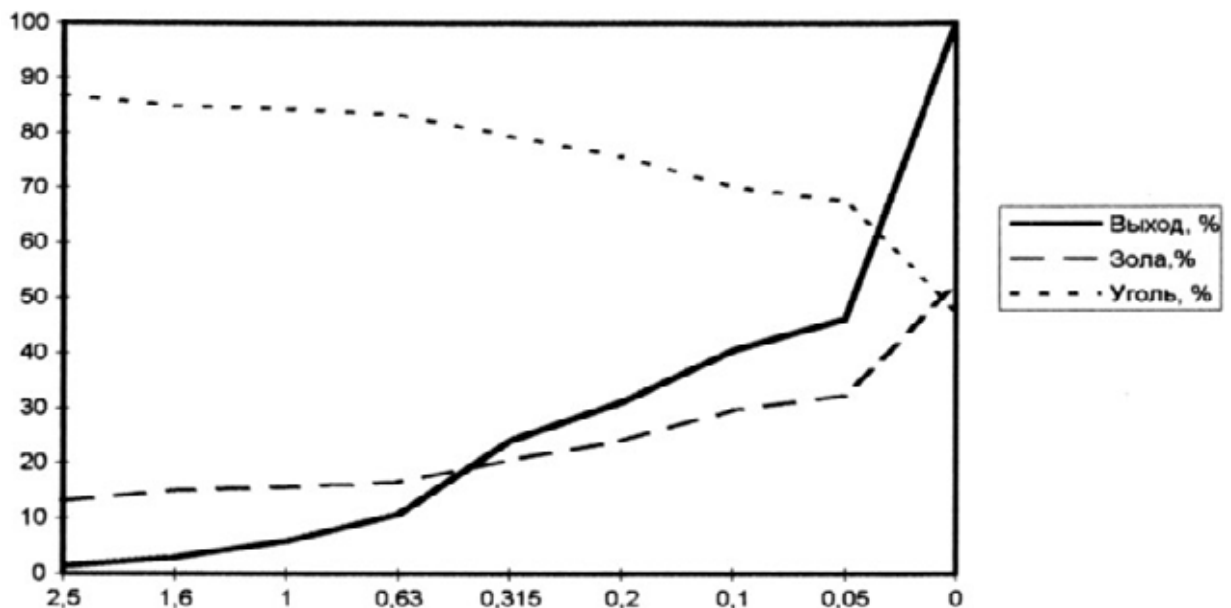


Рис. 1 – Зависимость выхода классов, содержания золы и угля в классе от крупности шламов

Таким образом, в соответствии с поставленной целью разработана математическая модель, которая позволит оценить качество шламов из илонакопителя на основании расчета выхода классов с максимальным содержанием угля при минимальном содержании золы. Эти результаты позволяют выполнить анализ



техногенного месторождения и определить целесообразность его освоения. Кроме того, полученные данные являются основой для разработки рекомендаций по технологии и используемому оборудованию для переработки шламов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курченко И.П. Проблемы углеобогащения и проводимые работы УкрНИИУглеобогащением по их решению // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. збірник НГАУ – Дніпропетровськ, 2000. - Вип. 7(48). – С. 5-13.
2. Федоров В.И., Курченко И.П., Золотко А.А. Состояние и проблема развития углеобогащения // УкрНИИУглеобогащение. – 1999. - №8. – С. 13-17.
3. Програма розробки та впровадження технологій промислового використання шламів, поліпшення екологічної ситуації у вугледобувних регіонах та відвернення можливих надзвичайних ситуацій, пов'язаних з проривами дамб хвостосховищ. (Розроблена відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 28.03.97 №280 "Про хід структурної перебудови вугільної промисловості") // Мінвуглепром України. – К., 1997. – С. 31.
4. Золотко А.А. Ресурси вторичного палива в отходах обогащення і можливості його извлечения // Уголь України. – 1996. -№12. – С. 36-39.
5. Надутый В.П., Нагорский А.Ф., Шевченко А.И. Тонкое вибрационное грохочение при переработке угольных шламов // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. - Вып. 58. – С. 185-190.
6. Надутый В.П., Шевченко А.И. Испытания грохота для тонкой классификации угольных шламов // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. - Вып. 59.
7. Надутый В.П., Краснопер В.П. Реализация виброударного взаимодействия рабочих поверхностей грохота при тонкой классификации материалов // Вібрації в техніці і технологіях. Всеукраїнський наук.-техн. журнал - Вінниця. – Вип.1(27). – 2003. – С.83-85.
8. Надутый В.П., Краснопер В.П. Опыт использования виброгрохотов новой конструкции для тонкой классификации минерального сырья // Вібрації в техніці і технологіях. Всеукраїнський наук.-техн. журнал - Вінниця. – Вип.2(34). –2004. – С.50-52.

УДК 678.065.004.62/63:678.028.5

В.Н. Беляков, Г.А. Рыжов, А.Ю. Полоз

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕВУЛКАНИЗАТА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ НА ЕГО ОСНОВЕ**

Приведено результати лабораторних експериментальних досліджень вальцюємості девулканізату і фізико-механічних властивостей отриманих гумових сумішей на його основі

### **EXPERIMENTAL RESEARCHES TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE BROKEN OFF SULFURIC CONNECTIONS AND PHYSICOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF RUBBER MIXES ON ITS BASIS**

There are results of laboratory experimental researches of technological and physicomachanical properties of the received rubber mixes on its basis are resulted.

При термохимической деструкции изношенных шин в среде различных углеродородных мягчителей получается пластичный продукт – девулканизат.

Изучение свойств девулканизата с целью определения возможности его переработки и дальнейшего использования является одним из этапов дальнейших исследований.

В ИГТМ НАН Украины были проведены эксперименты по исследованию технологических свойств девулканизата и физико-механических характеристик