

УДК 504.55:504.06

Масленников С.А., к.т.н., зав. каф. «Строительство и техносферная безопасность», Костромина Е.И., студ. гр. БЖТ-Тб-11, Махонько Я.С., Яковлева К.С., студ. гр. ПГС-Рб-21  
 ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты, Россия

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ\*

Полученные авторами положительные результаты переработки отходов обогащения руд черных и цветных металлов с доизвлечением металлов до безопасного уровня и использованием вторичных продуктов в качестве компонентов закладочных смесей позволили предположить перспективность переработки по разработанной технологии отходов углеобогащения [1-3].

Для обоснования возможности извлечения металлов из хвостов обогащения угля Российского Донбасса экспериментально исследована технология извлечения металлов выщелачиванием с получением полнофакторных моделей второго порядка, описывающих зависимость параметров выщелачивания от способов переработки сырья.

В процессе моделирования параметров переработки исследовали партии растворов, полученных при агитационном выщелачивании горелых и негорелых отходов.

Начальное содержание металлов в хвостах обогащения углей показано в табл. 1.

Таблица 1

Содержание металлов в хвостах обогащения угля, г/т

Элемент	Минимум	Максимум	Среднее
Марганец	310	330	320
Никель	10	40	25
Кобальт	5	10	5
Ванадий	60	130	95
Хром	50	140	85
Молибден	1	2	1.5
Цирконий	60	90	75
Свинец	20	90	55
Цинк	10	40	50
Бериллий	2	2.6	2.3

Пробы обеих партий объемом 1,2 л каждая упаривали в сушильном шкафу при температуре 60 °С с получением концентрата металлов (упаренный концентрат).

В другие пробы каждой из партий был добавлен раствор соды до значения рН 9,0 для перевода металлов в нерастворимую форму и получения комплексного геля. Гель был отфильтрован и подвергнут сушке при температуре 60 °С. После упаривания и сушки сокращенные пробы были прокалены при температуре 300 °С для удаления кристаллически-связанной воды (сухой концентрат). В результате упаривания, сушки и прокаливания пробы сократились в 10-12 раз. Осредненные результаты анализа сокращенных проб по каждому из металлов для горелых и негорелых хвостов обогащения приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Содержание металлов в концентратах горелых отходов обогащения угля

Металл, %	Упаренный концентрат	Сухой концентрат	Δ, раз
Cr	0.01	0.10	10
Fe	0.85	2.75	3
Ni	0.03	0.30	10
Mn	0.01	0.10	10
Co	0.02	0.10	5
Cu	0.03	0.40	13
Pb	0.01	0.1	10
Zn	0.04	0.30	7

Таблица 3

Содержание металлов в концентратах негорелых отходов обогащения угля

Металл, %	Упаренный концентрат	Сухой концентрат	Δ, раз
Cr	0.03	0.15	5
Fe	1.3	3.06	2.4
Ni	0.026	0.17	6
Mn	0.015	0.10	8
Co	0.03	0.12	4
Cu	0.03	0.30	10
Pb	0.01	0.1	10
Zn	0.02	0.14	7

Состав и содержание металлов, извлеченных из хвостов обогащения, приведены в табл. 4.

Полученные с доверительной вероятностью 95% осредненные значения содержания металлов подтверждают принципиальную возможность выщелачивания металлов из хвостов обогащения угля. Для дальнейших исследований необходимо повысить точность определения количества металлов в растворе, учитывая их малую концентрацию в хвостах.

Таблица 4

## Состав сухого концентрата из разноразных отходов обогащения угля

Металл, л, %	Горелые хвосты	Негорелые хвосты	$\Delta$ ,
Cr	0.10	0.15	+ 0.05
Fe	2.75	3.06	+ 0.31
Ni	0.30	0.17	- 0.13
Mn	0.10	0.10	0
Co	0.10	0.12	+ 0.02
Cu	0.40	0.30	- 0.10
Pb	0.1	0.1	0
Zn	0.30	0.14	7

В угледобывающем производстве отходами считаются все компоненты, не вошедшие в состав конечного продукта - товарного угля: породы угленосной толщи, включения в углях, угольные и угольно-породные шламы и низкосортные угли. Эти минеральные образования представляют собой сырье для производства нового продукта, например, строительных материалов. Углеотходы являются минеральными ресурсами, попутно извлеченными из недр при добыче основного полезного ископаемого, и могут быть вовлечены в хозяйственный оборот в качестве сырья с высокими потребительскими качествами. Однако, их утилизация возможна только при условии извлечения из них металлов до уровня санитарных норм.

Такую возможность предоставляет пока только механохимическая переработка. Хвосты механохимической активации отходов обогащения угля представляют собой дисперсную массу, сложенную частицами размерами около 0,1 мм, которая является сырьем для широкого спектра производства: топлива, глинозема, коагулянтов для очистки воды, абразивных и жаропрочных сплавов, раскислителей для сталелитейного производства, строительных материалов и других продуктов и материалов.

Вторичные хвосты переработки отличаются более равномерной структурой, что существенно повышает их качество. Эффект активации в дезинтеграторе иллюстрируется увеличением прочности бетона, изготовленного при прочих равных условиях на основе шлака, приготовленного разными способами: размолотого в мельнице и активированного в дезинтеграторе (рис. 1).

Основным же компонентом эффективности утилизации хвостов обогащения углей является исключение необходимости их хранения на земной поверхности с возвращением земли в хозяйственное пользование. Освоение инновационной технологии глубокой утилизации хвостов обогащения углей обеспечивает прибыль не только от реализации продуктов переработки, но и за счет радикального оздоровления окружающей среды региона.

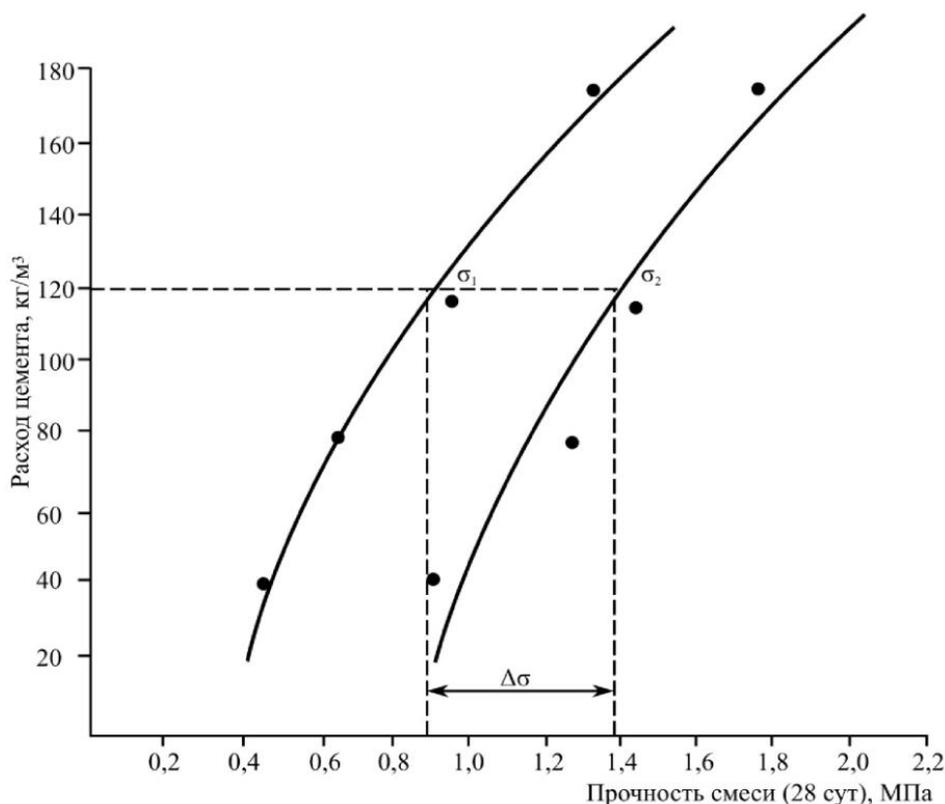


Рис. 1. Зависимость прочности смеси с активированными хвостами (при содержании фракции размером 0,08 мм 40%) от расхода цемента: 1- для шаровой мельницы; 2- для дезинтегратора

\* представленные исследования выполнены в рамках Госзадания Минобрнауки России №1.10.14 по теме «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии освоения подземного пространства на основе комплексного мониторинга всех стадий жизненного цикла инженерных объектов и систем» и гранта МК-6986.2015.8 по теме «Разработка инновационных конструктивных и технологических решений при креплении вертикальных стволов шахт и рудников».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голик, В.И. Исследование технологии выщелачивания металлов из хвостов обогащения [Текст] / В.И. Голик, С.Г. Страданченко, С.А. Масленников // Уголь, 2012. - №9. - С. 91-93.
2. Голик В.И., Масленников С.А. Механо-химико-активационная технология извлечения металлов из скальных руд [Текст] // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2012. - №9. – С. 20-25.
3. Golik V.I., Komachshenko V.I., Drebenstedt K. Mechanochemical Activation of the Ore and Coal Tailings in the Desintegrators. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7\_101, Springer International Publishing Switzerland. 2013.