

УДК 504.55.054:662 (470.6)

Голик В.И., д-р техн. наук, проф., ЮРГПУ(НПИ), г. Шахты, Россия,
Масленников С.А., к.т.н., зав. каф. «Строительство и техносферная
безопасность», Маштакова К.В., Яковлева К.С., АД-Рб-11,
ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты, Россия

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ*

Эколого-экономическая эффективность современного горнопромышленного комплекса характеризуется минимальными материальными, энергетическими и другими затратами на производство продукции при соблюдении приоритета сохранения природных экосистем. При определении прибыли от добычи полезных ископаемых должны учитываться те ресурсы, которые извлечены из недр, но не нашли своей реализации в виде товарной продукции, а оказались временно или постоянно омертвленными.

В Белгородской области открытым способом эксплуатируются Лебединское, Южно-Лебединское и Стойленское месторождения. На сравнительно небольшой глубине в Новооскольском железорудном районе расположены запасы Погромецкого и Чернянского месторождений, но большинство запасов месторождений региона или изначально локализовано на больших глубинах или уже не может извлекаться открытым способом по экономическим соображениям. Кроме того, Центральный черноземный район, на территории которого находится КМА, характеризуется высокой плотностью населения и располагает запасами черноземных пахотных земель, которые являются основой продовольственной безопасности РФ. Поэтому технологии с разрушением земной поверхности в ближайшем будущем могут оказаться неприемлемыми, а горным предприятиям предстоит освоение технологий разработки месторождений подземным способом.

В новейшее время эволюция технологий недропользования развивается только в направлении изъятия у недр ресурсов без компенсации наносимого ущерба. В горнопромышленных регионах КМА наибольшую опасность представляют геохимические и гидрогеологические изменения в местах накопления отходов горнодобывающего и горно-перерабатывающего производства. Количество накопленных хвостов на ГОК КМА превышает 300 000 тыс. тонн.

Стратегия освоения железорудных месторождений КМА основана на открытой добыче железистых кварцитов с попутной выемкой богатых руд в сводовой части Воронежской антиклизы с мощностью перекрывающих пород 50-200 м [1].

Пока только Коробковское месторождение КМА подземным способом обрабатывает массив железистых кварцитов, перекрытых мощной толщей

обводненных песчано-глинистых пород. Добыча руды этажно- камерной системой разработки ведется в пределах одного выемочного этажа под защитой предохранительной рудной потолочины, опирающейся на междукамерные целики, потери руды в которых составляет 60%, что определяет высокий уровень потерь запасов руды в недрах.

Экономическая эффективность такого использования недр невелика, поэтому дальнейшее освоение недр КМА подземными работами зависит от геомеханического обеспечения работ надежными способами управления состоянием массива с использованием универсальных для любых условий твердеющих смесей.

В горной практике наметилась тенденция использования отходов горно-обогатительной переработки руд при производстве закладочных смесей (для заполнения подземных пустот), строительных материалов и т. д. [2].

Хвосты первичной переработки и некондиционные руды широко применяют в США, Канаде, Франции, Австралии, Бразилии для добычи урана, меди, цинка, золота выщелачиванием, решая одновременно проблему упрочнение сырьевой базы и уменьшения объемов хранения отходов [3]. Погашение затрат на создание и эксплуатацию объектов переработки первичных хвостов обеспечивается за счёт стоимости извлеченных редкоземельных и попутных элементов.

Утилизация всех компонентов минерального ресурса позволяет использовать некондиционное сырье, сократить объем потребления ресурсов и минимизировать масштабы загрязнения окружающей среды продуктами природного выщелачивания.

Возможность использования хвостов обогащения для изготовления твердеющих смесей после извлечения из них металлов обосновывается экспериментально на хвостах Лебединского ГОК. Для этого партии подготовленных хвостов активируют различными вариантам при сохранении одинаковых условий опыта.

При испытании образцов твердеющих смесей на прочность с расходом воды 380 л/м³ получены следующие результаты (табл. 1-6).

В качестве базовой принята смесь с цементом и хвостами без активации (табл. 1)

Таблица 1

Смеси с цементом и хвостами без активации

Расход портландцемента, кг/м ³	30	60	80	100	120	180
Прочность, МПа	0,79	0,92	0,101	1,20	1,41	1,80
Коэффициент вариации опытов	27	26	28	12	15	18

Прочность смеси увеличивается при добавке крупной фракции (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика добавок к хвостам

Материалы	Остаток на ситах в %, мм								Потери при отмучивании, кг/м ³	Удельная Поверхность, м ² /кг	Плотность, кг/м ³
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	- 0,14			
Дробленая порода	29,0	20,5	15,0	7,7	12,5	4,7	6,4	4,2	3,6	5,0	2700
Песчано-гравийная смесь	13,6	16,7	31,7	4,3	17,4	10,0	4,3	3,5	5,0	5,1	2680

Прочность смеси, в которой хвосты обогащения комбинируется по признаку оптимальной крупности (50% щебня и 50% хвостов) увеличивается в 1,15-1,25 раз (табл. 3).

Таблица 3

Прочность смесей с комбинированным заполнителем, МПа

Расход портландцемента, кг/м ³	30	60	80	100	120	180
Прочность, МПа	0,85	1,02	1,23	1,40	1,57	1,85
Вариация	21	25	17	19	14	11

Для определения роли активации в наборе прочности твердеющих смесей исследованы варианты, различающиеся их подготовкой (табл. 4 и 5).

Таблица 4

Влияние активации на прочность смесей с цементом

№	Вид активации	Состав смеси			Прочность, МПа, с.		
		хвосты	цемент	вода	7	14	28
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Без активации	1445	100	380	1,04	1,11	1,20
2	Механическая активация в сухом состоянии	1445	100	380	1,16	1,25	1,32
3	Агитационное выщелачивание без активации	1445	100	380	0,52	0,61	0,72
4	Механическая активация в сухом состоянии с агитационным выщелачиванием	1445	100	380	0,68	0,73	0,88

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Механохимическая активация в дезинтеграторе	1445	100	380	0,73	0,77	0,94
6	Многократная механохимическая активация в дезинтеграторе	1445	100	380	0,92	1,10	1,22

Таблица 5

Влияние активации на прочность смесей без цемента

№	Вид активации	Состав смеси			Прочность, МПа, с.		
		хвосты	цемент	вода	7	14	28
1	Без активации	1445	0	380	0,64	0,81	1,01
2	Механическая активация в сухом состоянии	1445	0	380	0,86	0,95	1,12
3	Агитационное выщелачивание без активации	1445	0	380	0,42	0,57	0,62
4	Механическая активация в сухом состоянии с агитационным выщелачиванием	1445	0	380	0,60	0,69	0,78
5	Механохимическая активация в дезинтеграторе	1445	0	380	0,63	0,71	0,84
6	Многократная механохимическая активация в дезинтеграторе	1445	0	380	0,82	1,00	1,12

Для условий КМА актуален вопрос использования хвостов обогащения полезных ископаемых в составе смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих. Мелкие фракции обогащения размером до 0.076 мм, содержащие карбонатные компоненты, пригодны к использованию в качестве вяжущих. Активация в дезинтеграторе позволяет мелким фракциям конкурировать с цементом [4].

Активация и измельчение хвостов обогащения до тонкодисперсной фракции позволяет изготавливать закладочные смеси прочностью при сжатии 6-13 МПа, что отвечает самым жестким требованиям к искусственным массивам.

Предприятия КМА завершают этап открытой добычи богатых руд и приступают к реализации следующего этапа – подземной разработке месторождений. Условия локализации рудных тел и масштабы производства обязывают применять варианты технологий с заполнением техногенных пустот твердеющими смесями.

Формируется проблема обеспечения горных работ сырьем для изготовления твердеющих смесей. Экономическое и экологическое положение Белгородской области не позволяет добывать сырье открытым способом, поэтому перспективы решения проблемы связаны с использованием в качестве сырьевой базы техногенных месторождений хвостов обогащения.

Для неограниченного использования хвостов обогащения предстоит разработать технологию извлечения из них редких и благородных металлов до безопасных по санитарным требованиям значений. В качестве одного из направлений утилизации хвостов обогащения может быть рассмотрена технология механохимической активации металлосодержащего сырья.

Для практических целей представляет интерес возможность в ходе активации не только извлечь металлы, но и повысить активность хвостов до состояния, когда они проявляют вяжущие свойства.

* 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. Сергеев С. В., Лябах А. И., Зайцев Д. А. Опыт разработки богатых железных руд Яковлевского месторождения КМА // Научные ведомости БелГУ. 2011. № 3. Вып. 14. С.34-41.
2. Каплунов Д. Р. Перспектива комплексного освоения недр - комбинированные геотехнологии // ГИАБ. 2010. Отдельный выпуск 1 (Неделя Горняка - 2010). С.346-354.
3. Исмаилов Т.Т., Голик В.И., Дольников Е.Б. Специальные способы разработки месторождений полезных ископаемых. М. МГГУ. 2005. 378 с.
4. 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.