

В.С. Святецкий**ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКЛАДКИ
НА ОСНОВЕ ХВОСТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РУД
ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ КАМЕР**

Рассмотрен опыт применения закладочных материалов на основе хвостов переработки урановых руд при заполнении ими отработанных камер подземного рудника. Показаны особенности использования для этих целей хвостов переработки урановых руд, возможности снижения радоновыделения из залеженных камер.

Ключевые слова: пастовая закладка, подземная разработка, состав закладочной смеси, прочность закладки, комбинированная закладка.

Использование пространства выемочных камер подземных рудников является наилучшим решением при выборе мест захоронения отходов данного вида. Кроме того, если с помощью добавления в них цемента придать им некоторую несущую способность, то после отверждения они дополнительно будут выполнять функцию твердеющей закладки – одного из важнейших процессов технологии подземных горных работ при разработке урановых месторождений.

Примеры использования хвостов переработки (нерадиоактивных) в качестве закладки выемочных камер [1]: Рудник «Маунт-Айза» (Австралия) разрабатывает месторождение медно-свинцовых руд. Для заполнения отработанных камер использовали комбинированную закладку: сухую из дробленой породы; цементирующую – из смеси хвостов, цемента (3%), металлургического шлака (6%). Хвосты обогащения предварительно обесшламливаются в гидроциклонах и на закладку поступают плотностью 69% твердого по массе. Цементирующая закладочная смесь подается по трубопроводу в очистное пространство одновременно с породой с конвейера, разбрызгивается на породу в момент ее падения с конвейе-

ра, и в результате в камере образуется равномерно увлажненная цементированная смесь.

На Руднике «Бал-Грунт» (Германия) внедрили систему, которая позволяет обходиться имеющимся закладочным материалом без его дополнительной добычи. При приготовлении твердеющей закладки инертным материалом служит смесь флотационных хвостов (размер частиц – несколько микрон) и легкая фракция тяжелосреднего обогащения (размер частиц 3–30 мм), смешиваемые в соотношении 1:1. При добавке воды до 15% образуется густая пульпа, которая перекачивается к месту закладочных работ насосами. На расстоянии 20–30 м до закладываемой камеры в пульпу добавляют цемент (до 3% по массе) в виде цементного молока и одновременно вводят небольшое количество сжатого воздуха, способствующего перемешиванию цемента и выбрасыванию закладочного материала из трубопровода на достаточное расстояние. Прочность закладочного массива 2 МПа. Преимущества этого способа приготовления закладки: отпадает необходимость дренажа свободной воды из закладки, смесь мелкого и крупного инертного материала способствует меньшему абразивному

износу трубопроводов, поскольку мелкий материал является своего рода смазкой трубопровода.

На руднике «Керетти» (Финляндия), разрабатывающем медное месторождение камерно-столбовой системой, используется закладка в составе: гравий крупностью не менее 20 мм, классифицированные хвосты обогащения и портландцемент. Соотношение гравия к объему хвостов 2:1. На 1 м³ смеси приходится 110 кг портландцемента и 600 л воды.

На руднике «Фанькоу» (КНР) после полной выемки руды, в выемочное пространство подают твердеющую закладку из цемента и хвостов обогащения. Расход цемента на 1 м³ закладочной смеси составляет 100–300 кг. Соотношение цемента и хвостов обогащения выбирают в пределах 1:5 до 1:8.

На руднике «Оутокумпу» (Финляндия) разрабатывают месторождение медно-цинковых руд системой разработки с искусственными целиками и закладкой очистного пространства. В качестве закладочного материала применяются хвосты обогатительной фабрики, просеянный гравий или песок и цемент. Расход цемента на 1 м³ закладки – в среднем 125 кг, водоцементное отношение – 2:2,5. Временное сопротивление сжатию в возрасте 3 мес. – около 3 МПа. Применение твердеющей закладки позволило руднику обеспечить высокое извлечение руды (потери 9%) при незначительном ее разубоживании, предотвратить обрушение пород всяческого бока.

На руднике «Фалун» (Швеция) в качестве закладки используют хвосты обогатительной фабрики, содержащие пирротин. Очистные забои закладывают с таким расчетом, чтобы расстояние между подошвой и кровлей выработки составляло 3 м. Расход цемента – 30 кг на 1 м² площади поверхности (или 10 кг на 1 м³ закладки).

Ситуация на рудниках ОАО ППГХО – более сложная, хвосты ГМЗ являются низкоактивными отходами, выделяющими опасный газ радон. Для понимания сравнительных характеристик радиоактивности материала хвостов ГМЗ сопоставим: средняя суммарная активность забалансовой урановой руды – 17070 Бк/кг, вмещающих пород – 9850 Бк/кг, тория Th-230 (наиболее активного элемента в хвостах ГМЗ) – 16221 Бк/кг [2]. Следовательно, при размещении хвостов ГМЗ в выемочных камерах зона выработанного пространства приобретает активность, меньшую, чем активность находящихся вокруг камер забалансовых руд. Опасность же представляет собой газ радон, выделяющийся из материала хвостов.

В период 2000–2003 гг., 2012 г. на руднике № 1ОАО ППГХО были проведены опытно-промышленные работы для практического использования хвостов ГМЗ в качестве закладки выемочных камер, с изучением уровней радиационно-опасных факторов. Лабораторные испытания образцов закладки с наличием хвостов – 850 кг/м³, цемента – 340 кг/м³, воды – 565 кг/м³ показали, что плотность потока радона Rn с верхних поверхностей моделей превышала плотность потока Rn с их нижних поверхностей в ранние сроки твердения в 15–30 раз, в более поздние сроки твердения – в 1,5–9 раз. [2]. С уменьшением влажности твердеющей закладки наблюдался рост плотности потока Rn как с верхних, так и с нижних поверхностей моделей. С увеличением дозы хвостов в закладке мощность гамма-излучения и эмиссия радона Rn возрастают.

Из результатов моделирования процессов фильтрации воды через отвержденные образцы твердеющей закладки на основе хвостов ГМЗ и через слой хвостов в естественном состоянии, ав-

торами сделаны выводы: затвердевшая закладка с плотной структурой в очень малом количестве фильтрует воду, вынос химических элементов очень мал и не оказывает вредного влияния на окружающую среду. Хвосты в естественном виде имеют сравнительно высокий коэффициент фильтрации, при большом количестве воды может произойти существенный вынос радионуклидов и вредных химических элементов в окружающую среду [2]. Следовательно, хвосты ГМЗ, представляющие собой тонкозернистые пески и шламы, не могут рассматриваться в естественном, неотвержденном виде как закладка. Ими могут быть заложены лишь отдельные камеры при обработке изолированных рудных тел.

В результате проведенных на ОАО ППГХО лабораторных и опытно-промышленных испытаний использования хвостов ГМЗ в качестве закладки выемочных камер был получен положительный результат в варианте: хвосты берутся в качестве инертного наполнителя цементной твердеющей закладки. После затвердевания в камере закладка не размывается подземными водами. Однако, при проведении экспериментов было зафиксировано повышение общего уровня радоновыделения, из закладки и водного фильтрата.

В экспериментах, проведенных в 2012 г. с использованием сухих хвостов из хвостохранилища водопотребление при приготовлении закладки увеличилось с 320–395 л/м³ до

520–640 л/м³ [3]. Закладка оказалась перенасыщена водой. В этом состоит основа отрицательного результата опытов. Просто прямая замена ПГС хвостами ГМЗ в материале закладки невозможна.

Эффективной мерой, позволяющей сделать хвосты ГМЗ пригодными для размещения в выемочных камерах является их перевод в состояние пастовой закладки. Паста – это гелеобразное состояние мелкоизмельченного материала, который при наличии твердой части до 80% еще может транспортироваться по трубопроводам с помощью плунжерных насосов. Внутри материала уже не возможна сегрегация, расслаивание, материал не выделяет свободную воду.

Удержание воды в порах происходит за счет наличия в материале коллоидных частиц, в результате чего происходит поляризация частиц материала с распределением его по периметру трубопровода. В отличие от обычной закладочной смеси пастовый материал транспортируется не в виде пульпы, а как густая масса с более плотным ядром и разжиженной структурой по периферии, по периметру сечения трубопровода.

Проведение исследований по разработке технологии и использованию пастовой закладки на основе хвостов переработки урановых руд на рудниках ПАО «ППГХО» открывает возможность существенной экономии средств производству, улучшению экологической обстановки региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация проектных решений по обработке запасов Аргунского и Жерлового месторождений Стрельцовского рудного поля (Рудник № 6) этап 2. Отчет. СПб «Гипрошахт».

2. Иванов В.Г., Култышев В.И., Колесев В.Б., Литвиненко В.Г., Шелудченко В.Г.,

Тирский А.В. Оптимизация разработки сложноструктурных урановых месторождений. – М.: Изд-во Горная книга, 2007. – 265 с.

3. Отчет о НИОКР по теме: «Использование хвостов ГМЗ в качестве заполнителя твердеющих закладочных смесей». – Красноярск: ЦНИЛ ОАО ППГХО. – 2012. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Святецкий Виктор Станиславович – первый заместитель генерального директора – исполнительный директор АО «Атомредметзолото», e-mail: info@armz.ru.

UDC 622.273.2

EXPERIENCE OF USING BACKFILL BASED ON MILL TAILINGS

Svyatetskii V.S., First Deputy General Director – Executive Director of JSC «Atomredmetzoloto», Moscow, Russia, e-mail: info@armz.ru.

The author analyzes practice of using mixtures based on uranium mill tailings for backfilling in underground mines. Features of uranium mill tailings to be used to this effect and possible reduction in radon releases from such backfilled voids are shown.

Key words: paste backfill, underground mining, backfill mixture composition, backfill strength, combination backfill.

REFERENCES

1. Optimizatsiya proektnykh reshenii po otrabotke zapasov Argunskogo i Zherlovogo mestorozhdenii Strel'tsovskogo rudnogo polya (Rudnik № 6) etap 2. Otchet (Optimization of the design approaches to mining Argun and Zerlovoe deposits in the Strel'tsov ore cluster (Mine № 6). Stage II. Report), Saint-Petersburg, Giproskhakht.

2. Ivanov V.G., Kultyshev V.I., Kolesaev V.B., Litvinenko V.G., Sheludcheko V.G., Tirkii A.V. Optimizatsiya razrabotki slozhnostrukturnykh uranovykh mestorozhdenii (Optimization of mining of complex structure uranium ore deposits), Moscow, Izd-vo Gornaya kniga, 2007, 265 p.

3. Otchet o NIOKR po teme: «Ispol'zovanie khvostov GMZ v kachestve zapolnitelya tverdeyushchikh zakladochnykh smesei» (Research and development report: Use of hydrometallurgy refuse in the capacity of a filler in composition of solidifying backfill), Krasnokamensk, TsNIL OAO PPGKhO, 2012.



УМНАЯ КНИГА - ПРЕДМЕТ ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ

АМБИЦИОЗНЫЙ АВТОР И ДИЗАЙНЕР

Авторитет и опыт издателя спасают многие книжные проекты от провалов.

Книжный дизайн только внешне прост, в нем множество условностей, культурных наслоений, эклектика национальных и модных течений. В этой кухне и профессионалу разобраться непросто, а для постороннего взгляда она вообще недоступна. Тем не менее, многие авторы, особенно умеющие рисовать, любят давать указания дизайнерам. Они рисуют общий вид обложки, требуют запечатать авантитулы и форзацы, указывают, что печатать на обороте титула и в выпускных сведениях. Обычно они ориентируются на оформление ранее встречавшихся им книг. Не последнюю роль здесь играют авторские амбиции и неуважение к работникам издательства.

Молодые издатели, еще не набравшие минимально необходимого объема заказов, вынуждены исполнять капризы авторов и инвесторов. Впрочем, среди дизайнеров тоже встречаются неопытные специалисты, не умеющие убедительно обосновывать свои решения. С профессиональными дизайнерами книги – другая проблема: они часто выслушивают советы и указания, а решения принимают самостоятельно. Иногда приходится даже расторгать договор, потому что нарушение общей гармонии книги сказывается на престиже издательства.

Для того чтобы не попадать в зависимость от чьих-либо капризов, наши издательства предусматривают в авторских договорах право издателя без согласований выбирать дизайн, хотя по содержательным вопросам мы консультируемся с авторами, инвесторами и книгораспространителями.

Продолжение на с. 48