

# ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ЦЕХА ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Автор: Игорь Ферхо, горный инженер, заместитель руководителя отдела обогащения и металлургии ENGINEERING DOBERSEK GmbH

Современный этап развития горного производства характеризуется непрерывным снижением содержания полезных компонентов в руде, что требует для поддержания уровня производства металлов увеличения объемов добычи руды. В дальнейшем эта тенденция будет сохраняться.

Так, содержание железа в добываемых рудах снижается в среднем на 1 % в год. Можно полагать, что уже через 20 – 25 лет потребуются более чем в два раза увеличить количество добываемой и перерабатываемой рудной массы.

Удельный вес подземной добычи руды в перспективе составит в основных рудодобывающих отраслях, по видимому, не менее 35 %. При этом если общий объем добычи руды может увеличиться примерно в два раза, то подземная добыча железных руд возрастет в 1,8 раза, руд цветных металлов — в 2,4 раза, калийных солей — в 2,2 раза, а фосфатного сырья — почти в 3,5 раза.

Добываемая в настоящее время рудная масса содержит в лучшем случае несколько десятков процентов полезного компонента для руд черных металлов, для руд цветных металлов это содержание составляет единицы и доли процента, остальную же часть чаще всего составляют пустые породы.

Стадию обогащения проходит более 90 % всей добываемой железной руды, практически вся рудная масса в цветной металлургии, все калийное и фосфорное сырье.

Увеличение объемов обогащаемой рудной массы с малым содержанием полезного компонента значительно удорожает себестоимость ее переработки. Больших материальных затрат требуют все возрастающие объемы поднимаемой из шахт и перевозимой к обогатительным фабрикам горной массы, в которой основную массу составляют пустые породы. После отделения на обогатительной фабрике они транспортируются в хвостохранилища, содержание которых требует немалых затрат. На строительство хвостохранилищ расходуется 10–50 % общих капиталовложений. Кроме отчуждения значительных площадей ценных земель, размещение отходов горного и перерабатывающего производств приводит к значительным изменениям окружающей среды.

Доля электропотребления на гидротранспорт хвостов и оборотной воды при традиционном складировании хво-

стов на отдельных предприятиях доходит до 50 % от общего электропотребления обогатительной фабрики.

Горные работы ежегодно понижаются в среднем на 10 – 25 м. С увеличением глубины горных работ и объемов добычи руды усложняется проблема управления горным давлением. Локализация пустот на больших глубинах будет осуществляться в основном путем заполнения выработанного пространства инертными материалами и различного рода твердеющими смесями, которые при существующей технологии подаются в подземные выработки с поверхности. Создается парадоксальная ситуация: с одной стороны, из-под земли на поверхность вместе с рудой выдается большое количество пустых пород, с другой — для локализации пустот в подземные выработки должна подаваться порода, большая часть которой добывается на специальных карьерах.

**Снижение эксплуатационных и капитальных затрат по хвостовым хозяйствам обогатительных фабрик в современных условиях является одним из основных факторов повышения эффективности производств.**

Таким образом, проблема эксплуатации хвостохранилищ имеет как минимум несколько аспектов:

- Большинство эксплуатируемых хвостохранилищ построено в советское время и близко к завершению срока эксплуатации. Строительство новых хвостохранилищ традиционного типа по современным требованиям требует высоких капитальных вложений.

- Гидротранспорт хвостов и оборотной воды запроектирован в условиях низких цен на электроэнергию. Электропотребление на гидротранспорт хвостов и оборотной воды на многих предприятиях составляет 30 – 50 % общего электропотребления. В условиях постоянно растущих цен на электроэнергию необходимо проведение мероприятий по снижению электропотребления.

- Высокие риски эксплуатации хвостохранилищ традиционного типа.

- Замкнутый водооборот позволяет отказаться от вовлечения свежей воды в процесс либо минимизировать его. Плата за использование свежей воды в технологическом процессе в ближайшие годы будет только возрастать. Особенно в засушливых районах и районах, приравненных к Крайнему Северу. Сокращение водопотребления из внешних источников — экономическая и экологическая задача.

**Возможные пути снижения капитальных затрат за счет продления срока службы хвостохранилищ:**

1. Увеличение проектной высоты дамбы — не требует значительных капитальных вложений, но приводит к росту эксплуатационных затрат.

2. Внедрение конусного складирования хвостов — требует привлечения капитальных вложений, но приводит к существенному снижению эксплуатационных затрат.

3. Внедрение сухого складирования хвостов — требует привлечения капитальных вложений на приобретение оборудования, но позволяет отказаться от строительства хвостохранилищ, практически полностью отказаться от использования дополнительной воды для технологического процесса.

4. Использование хвостов для погашения отработанного пространства подземных рудников и карьеров — требует привлечения капитальных вложений на приобретение оборудования, но приводит к снижению нагрузки на хвостохранилище на 30–65 % и позволяет снизить себестоимость ведения закладочных работ.

5. Переход на сухое складирование хвостов — позволяет отказаться от строительства хвостохранилища на весь период обработки.

**Возможные пути снижения эксплуатационных затрат — переход на складирование глубоко сгущенных хвостов**

**Глубоко сгущенные хвосты:**

- содержат минимальный объем транспортной воды;
- имеют минимальную водоотдачу;
- пригодны для транспортирования по трубопроводам;
- имеют угол растекания 3–6 градусов;
- не склонны к расслоению (имеют практически равный гранулометрический состав по всей площади складирования);
- напряжение сдвига — 100–150 Па.

Переход на складирование глубоко сгущенных хвостов обеспечивает:

1) снижение объема транспортируемой пульпы на складирование в 3–10 раз — соответствующее снижение электропотребления;

2) 60–85 % потребности фабрики в оборотной воде обеспечивается, минуя хвостохранилище, — соответствующее снижение электропотребления, потерь воды на испарение, на поровое заполнение;

3) снижение диаметра пульпопроводов в 2–3 раза — снижение затрат на замену трубопроводов взамен изношенных;

4) вывод из эксплуатации (как правило) насосных второго подъема;

5) сокращаются площади хвостохранилища;

6) прудковая зона хвостохранилища имеет минимальную площадь или отсутствует вообще;

7) принципиально снижает затраты на отсыпку дамб.

Главное достоинство перехода на конусное или сухое складирование хвостов — принципиальное повышение безопасности эксплуатации.

В зависимости от особенностей хвостов, плотности хвостовой пульпы на выходе фабрики должна рассматриваться и выбираться оптимальная схема и степень сгущения. Так, при содержании твердого в исходной хвостовой пульпе до 10 % используется



Рис. 1. Пример конусного складирования тонкодисперсных глинистых хвостов

одноступенчатая схема сгущения. При содержании твердого более 10 % — двухступенчатая схема. Степень сгущения, расход флокулянта и исходные данные для расчета оборудования определяются на стадии тестирования хвостов.

При двухступенчатой схеме сгущения вся хвостовая пульпа подается на гидроциклонное разделение. В нижний слив выделяем 50–70 % твердого со степенью сгущения до 74 % твердого. Это означает, что 50–70 % твердого сгущается без использования флокулянта. Сливы гидроциклонов (с плотностью, близкой к оптимальной для осаждения) самотеком подаются в стругитель. На выходе стругителя получаем осветленную воду с содержанием взвеси до 300 мг/л и сгущенные шламы (со степенью сгущения 50–70 % твердого). Песковый продукт гидроциклонного разделения и сгущенные шламы подаются в бак приема сгущенных хвостов для последующей подачи на складирование.

Выбор места расположения участка сгущения определяется по результатам сравнения вариантов на гидротранспорт хвостов и оборотной воды.

**Обезвоженные хвосты:**

- должны быть пригодными для транспортирования автомобильным, конвейерным транспортом;
- должны иметь оптимальную остаточную влажность.

Актуальность обозначенного решения определяется рядом причин:

1) отсутствие площадей для традиционного складирования хвостов;

2) недостаток оборотной воды (зоны с засушливым климатом или районы, приравненные к Крайнему Северу, где вода становится дорогостоящим товаром);



Рис. 2. Доставка обезвоженных глинистых хвостов на складирование



Рис. 3. Формирование отвала обезвоженных глинистых хвостов

3) фабрики с малой производительностью (до 500 тыс. т/г);

4) высокие эксплуатационные затраты на содержание хвостохранилищ.

При проработке участка сгущения на стадии тестирования должна быть проработана схема предварительного сгущения хвостов, что позволяет повысить удельную нагрузку на оборудование фильтрации. Как правило, капитальные затраты на оборудование повышения степени сгущения принципиально ниже стоимости оборудования фильтрации. Так, при увеличении плотности сгущенных хвостов на входе линии фильтрации с 35–40 % до 60–70 % количество фильтров может сократиться в два раза.

На линии фильтрации (обезвоживания) в зависимости от особенностей материала может применяться как вакуумная фильтрация, так и пресс-фильтрация. Обезвоженные хвосты должны быть пригодны для транспортирования любым видом транспорта. Выбор и расчет оборудования фильтрации определяется на стадии тестирования.

Предлагаемая система позволяет полностью отказаться от эксплуатации хвостохранилища и оставить во внутреннем обороте до 96 % воды.

Складирование обезвоженных хвостов может осуществляться:

- на специально подготовленных площадках;
- на площадях существующего хвостохранилища;
- совместно с породами вскрыши;
- в отработанном пространстве рудников.

#### Утилизация хвостов обогащения в отработанном пространстве рудников

Проблема утилизации связана с такими задачами, как:

- 1) снижение эксплуатационных затрат на складочные работы;
- 2) снижение нагрузки на хвостохранилища.

На подземных работах используются как твердые, так и нетвердые складочные смеси. Складочные смеси подаются с поверхности до отработанного пространства трубопроводным транспортом. Для обеспечения требуемой подвижности в складочных смесях должны присутствовать тонкие фракции. При использовании иных заполнителей для приготовления складочной смеси требуется их дробление, измельчение.

Вместе с тем хвосты обогатительных фабрик имеют почти такой же гранулометрический состав, что и инертный заполнитель из скального материала. Использование хвостов для приготовления складочной смеси исключает следующие переделы традиционного складочного комплекса:

- доставка инертного материала от карьера до складочного комплекса автомобильным или иным транспортом;
- дробление скального заполнителя (до класса 100 % — 10–12 мм);
- измельчение скального заполнителя (до класса крупности 60–80 % — 71 мкм);
- подача воды для приготовления складочной смеси (300–500 л/м<sup>3</sup>).

Наиболее правильно в экономическом и экологическом плане использовать отходы обогащения (хвосты) в качестве инертного заполнителя для приготовления складочных смесей. Для подготовки инертного заполнителя на основе текущих хвостов обогащения требуется их сгущение. В зависимости от особенностей хвостов, рецепта складочной смеси может применяться как одно-, так и двухступенчатое сгущение.

При компоновке «подземный рудник — обогатительная фабрика» до 65 % текущих хвостов обогащения может утилизироваться в складочные работы практически с нулевой стоимостью с соответствующим снижением нагрузки на хвостохранилище.

На многих предприятиях в непосредственной близости от обогатительных фабрик находятся отработанные карьеры. Как правило, рекультивация карьера остается незавершенным производством. При подаче на складирование в отработанный карьер глубоко сгущенных или обезвоженных хвостов решается и проблема рекультивации карьера и снижаются капитальные затраты на строительство хвостохранилища — одновременно решаются экологическая и экономическая задачи.

В 2008 году компания ENGINEERING DOBERSEK GmbH построила и ввела в эксплуатацию складочный комплекс первой очереди на руднике Комсомольский в Норильске. Переход на технологию приготовления складочной смеси на основе текущих хвостов позволил отказаться от эксплуатации двух карьеров (по добыче щебня и ангидрида), отказаться от эксплуатации сырьевых мельниц по измельчению щебня и ангидрида.

По расчетам института ЗАО «Механобр Инжиниринг» «Использование отвальных породных хвостов ТОФ для закладки выработанного пространства рудников Талнаха», при запуске всех четырех комплексов снижение эксплуатационных затрат составит:

- по хвостохранилищу — на 29 %;
- по складочным комплексам — на 14 %.

Дополнительную информацию по тематике статьи можно получить у компании ENGINEERING DOBERSEK GmbH. 🌐



ENGINEERING DOBERSEK GmbH  
Germany

Pastorenkamp 31  
41169 Moenchengladbach, Germany  
Тел.: +49 (0)2161-90108-0  
Факс: +49 (0)2161-90108-20/-30  
Email: info@ded-mg.de  
Web: www.dobersek.com