

УДК 622.83.268.82

К.К. Хулелидзе

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ СУЛЬФИДНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Приведено обоснование физического моделирования процесса подземного выщелачивания свинца и цинка из сульфидных полиметаллических руд Архонского месторождения Садонского СЦК.

Ключевые слова: орошение, «парниковый эффект», критерий Рейнольдса, рудная масса, «интенсивность выщелачивания».

Для выщелачивания необходимо подобрать реагенты, режимы и условия их использования, чтобы в рудничной обстановке они переводили в растворы полезные металлы из сульфидных минералов и отдавали их в товарные осадки в установленных местах и количествах, представляющих промышленный интерес. На этот процесс влияют факторы, связанные со свойствами рудной массы, реагентов и окружающей среды.

Для решения поставленных задач применяют методы физического моделирования, позволяющие исследовать количественные и качественные стороны процессов. Однако не всегда полученные на модели данные могут быть перенесены на натуру. Для этого необходимо воспользоваться теорией подобия физических величин, смысл которой заключается в том, что количественные характеристики одного явления могут быть получены пропорциональным преобразованием характеристик другого.

Учитывая, что выщелачивание металлов из руд связано со сложными и малоизученными процессами, и не может быть с достаточной достовер-

ностью описано дифференциальным уравнением для вывода критериев подобия, воспользуемся анализом размерностей.

Выход металлов при выщелачивании является функцией многих переменных: диаметра кусков руды d , содержания металлов в руде γ , скорости подачи растворов v , концентрация активного реагента K , площади орошения S , кинематической вязкости раствора V , ускорения силы тяжести g . Эта зависимость представлена в виде уравнения.

$$Q = f(d, \gamma, v, K, S, V, g).$$

Приняв за основные единицы площадь орошения, скорость подачи растворов и концентрацию основного реагента

$$\frac{Q}{S^{M_1} v^{k_2} K^{t_1}} = f \left(\frac{d}{S^{M_2} v^{k_2} K^{t_2}}, \frac{\gamma}{S^{M_3} v^{k_3} K^{t_3}}, \frac{v}{S^{M_4} v^{k_4} K^{t_4}}, \frac{g}{S^{M_5} v^{k_5} K^{t_5}} \right).$$

После анализа размерностей каждого члена уравнения получается критерии подобия

$$\Pi_1 = \frac{Q}{S \cdot V \cdot K}; \Pi_2 = \frac{d}{\sqrt{S}}; \Pi_3 = \frac{\gamma}{K};$$

$$\Pi_4 = \frac{\sqrt{S \cdot V}}{v} = \text{Re} \quad \text{— критерий Рейнольдса,}$$

$$\Pi_5 = \frac{V^2}{g \cdot \sqrt{S}} = F_2 \quad \text{— критерий Фруда.}$$

Параметры процесса выщелачивания в промышленных условиях выбираются так, чтобы критерии подобия модели и природы были равны или пропорциональны.

Для получения представительных исходных данных к ТЭД, обосновывающему опытно-промышленные испытания, при лабораторно-аналитических исследованиях стремятся, чтобы:

1. Руды были типичными для месторождения или близкие по составу, свойствам и крупности.

2. Температура рудной массы и растворов, а также их движение отвечали натурным условиям.

3. Состав выщелачивающих растворов и их свойства, скорость и характер прохождения через рудную массу были близкими к натурным.

4. Прочие факторы, оказывающие влияние на ход процесса в лабораторных условиях и в натуре, были учтены в одинаковой степени.

В сложном процессе извлечения металлов выщелачиванием из руд можно выделить два процесса. Это перевод их из твердой минеральной массы в растворы и извлечение из растворов в товарные осадки. Наиболее сложным и малоизученным является первый процесс. В условиях рудников с тектонической нарушенностью движения растворов че-

рез разрушенную рудную массу изучены слабо. Имитировать такие условия в лаборатории для изучения влияния различных факторов на переход металлов в растворы возможно.

Принят следующий порядок исследований. Все, что можно было моделировать, исследовалось в ней, а затем уточнялось в натуре, например, режимы движения растворов через рудную массу, влияние температуры, «парникового эффекта» и др. Ряд вопросов уточняется аналитическими расчетами с переносом проверки на период опытно-промышленных испытаний.

Для лабораторных исследований использовали руду Архонского месторождения, по крепости и крупности относящаяся к средним. В связи с мелкошпуровой отбойкой в них преобладают мелкие классы крупности. Так как рудные минералы имеют меньшую прочность и большую анизотропность, чем нерудные, то после взрывных работ происходит концентрация металлов в рудной мелочи.

Результаты ситового и химического анализов по классам крупности приведены в таблице. Видно, что по мере увеличения крупности рудной массы содержание металлов в ней падает.

Исследуемая руда аналогична валовой, закономерность изменения содержания металлов в них по классам сохраняется, что позволяет перенести полученное в лаборатории на натуре.

Для этих целей вводим величину под названием «интенсивность выщелачивания» i -го металла из данного объема руды (I_{mi}).

Предполагается, что скорость выщелачивания i -го металла из данного

объема руды пропорциональна поверхности руды и содержанию i -го компонента в ней. Это дает возможность сравнения интенсивности процесса выщелачивания на разных фракциях руды и на разных стадиях процесса.

Удельная поверхность руды:

$$A = \frac{6 \cdot (1 - \Pi) \cdot \psi}{\bar{d}} = M^3 / M^2,$$

где \bar{d} — средний диаметр куска руды; Π — пористость; ψ — фактор размера ($\psi \approx$). ПЛАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Хулелидзе К.К. — профессор Северо-Кавказского горно-металлургического института (ГТУ), skgtu@skgtu.ru



В 2000 году я выполнял замеры параметров цикла подземного автосамосвала МТ-436В, который использовался для доставки руды между горизонтами. В отличие от подавляющего большинства современных австралийских рудников, обязательно использующих уклоны для доставки руды автосамосвалами на поверхность, уклон на руднике Бикэнсфилд выхода на поверхность не имел. Доставка велась через основной ствол. Это объясняется тем, что строительство рудника началось еще в 1879 г., когда стволовая доставка была естественным видом транспортировки. Со временем рудник разросся, и компании пришлось внедрять более современные виды оборудования, в том числе и автосамосвалы Atlas Copco.

Бикэнсфилд состоит из узкожилых рудных тел, поэтому основное оборудование должно иметь небольшое сечение, чтобы проходить через узкие и низкие выработки, а также чтобы его можно было опустить через основной ствол.

Отсутствие центрального уклона на современном руднике «не есть хорошо». Это добавляет проблем, связанных с вентиляцией, транспортировкой оборудования и вносит постоянную сумятицу в график работ. То ствол нужно неожиданно ремонтировать, то отправлять на поверхность сломавшийся агрегат, то доставлять новую шину для погрузчика... Все это ставит под угрозу и эвакуацию людей в случае непредвиденных обстоятельств.



Бикэнсфилд – один из старейших австралийских рудников

Продолжение на с. 207