

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОНОСНОЙ РУДЫ

Скворцова Т.А., Астаева А.Н.,
научный руководитель, канд. техн. наук Колмакова Л.П.
Сибирский Федеральный Университет

В настоящее время российская золотодобыча испытывает значительные трудности, связанные в первую очередь с истощением запасов богатых и легкодобываемых руд. Резкое удорожание энергоресурсов и транспортных услуг привело к снижению рентабельности отечественных предприятий золотодобычи, традиционно расположенных в отдаленных северных регионах страны.

Разработка и вовлечение в производство бедных и забалансовых руд, отвалов и хвостов золотоизвлекательных фабрик является первоочередной задачей, успешное решение которой повлечет за собой рост золотодобычи в России.

В этой связи важное значение приобретает работа, направленная на разработку и внедрение высокоэффективных, малозатратных технологий извлечения золота, к которым несомненно можно отнести технологию кучного выщелачивания (КВ), позволяющую в значительной степени снизить себестоимость производства золота [1].

Процесс кучного выщелачивания нерентабелен из-за низкого извлечения золота в цианистый раствор меньше (40-45%), большого расхода реагентов (NaCN , Ca(OH)_2 и NaOH) и малого объема перерабатываемого сырья [2].

В работе вскрыт ряд технологических проблем, возникших в период освоения и эксплуатации установки кучного выщелачивания. Для этого использован системный анализ с построением графических и физических моделей кучного выщелачивания золота из руды.

Исходными данными для анализа являлись химический и минералогический состав золотосодержащей руды месторождения «Эльдорадо», технология подготовки руды к выщелачиванию, реагентный набор процесса цианирования и литературные данные по технологии кучного выщелачивания в США и Канаде в условиях Крайнего Севера.

Извлечение золота при КВ зависит не только от скорости химических реакций, протекающих при взаимодействии золота с цианистым раствором, но и от поверхностных явлений на границе раздела твердое – жидкое, твердое – газ, а также от гранулометрического состава перерабатываемой руды, методов формирования штабеля и системы подачи раствора в руду.

Основной составляющей частью (> 60%) перерабатываемой руды является кварц. В обычных условиях при взаимодействии с водой кварц гидрофилен. Гидрофильность также характерна для слюдястых минералов (мусковит, хлорит, полевой шпат) [3,4]. Однако при температурах, близких к нулю (4 – 10)°С, и взаимодействии со свежеталой водой, обладающей упорядоченной структурой, кварц становится гидрофобным. Наряду с кварцем гидрофобными свойствами обладают следующие минералы: пирит (FeS_2), галенит (PbS), арсенопирит (FeAsS) и самородное золото.

Гидрофобные минералы пустой породы плохо смачиваются водой и при плотном прилегании друг к другу будут оказывать большое сопротивление движению воды вниз. Вода будет проникать между частицами руды, где они не соприкасаются между собой и в этом месте начнет вымываться мелкая фракция руды и золота и переноситься на дно кучи. Участки с большим сопротивлением движению воды останутся не смоченными, что в дальнейшем снизит поверхность их контакта с цианистыми растворами. Золото в этих участках не будет растворяться.

Чтобы избежать возможности образования застойных зон в толще руды нужно перевести основной минерал – кварц в гидрофильное состояние. Это можно сделать при

потеплении окружающей среды ($t > 10^{\circ}\text{C}$), либо использовать горячую воду для настройки систем питания и сбора водных растворов. К сожалению, эти предложения в условиях Крайнего Севера реализованы быть не могут: ожидание тепла приведет к сокращению продолжительности кучного выщелачивания, а для нагрева больших объемов воды необходимы котельные установки и топливо, что значительно повысит себестоимость добываемого золота.

Применение раствора NaOH позволит перевести кварц, сульфиды и золото в гидрофильное состояние и снизить безвозвратные потери цианида натрия на обменные реакции со слюдястыми минералами. Добавка в воду солей или NaOH понизит её температуру замерзания, что уменьшит вероятность образования линз льда в штабеле руды, особенно при начале работ по кучному выщелачиванию в мае месяце, когда ночные температуры имеют отрицательные значения.

В условиях Крайнего Севера необходимо использовать короткое лето с максимальной отдачей, поэтому начинают формировать штабель кучи в мае месяце при средних температурах воздуха около 0°C .

В этот период в ночное время суток бывают заморозки до $(-8 \div -10)^{\circ}\text{C}$, поэтому возможно образование участков мерзлой руды. При запуске установки с использованием простой воды в участках мерзлой руды образуются линзы льда, которые препятствуют равномерному смачиванию материала в куче, что приводит к образованию «мертвых» зон. В этих зонах выщелачивание золота в цианистых растворах не происходит и извлечение золота в продуктивные растворы снижается.

В дробленной руде крупностью $(-10)\text{мм}$ имеется большое количество мелочи диаметром $(-0,16)\text{мм}$, которая при закладке кучи и просачивания раствора может мигрировать вниз на основание штабеля. Сегрегация мелкого материала приводит к образованию каналов, по которым цианистый раствор стекает вниз и не смачивает окружающую руду. Вероятность каналообразования увеличивается из-за наличия в руде слюдястых материалов, которые при дроблении переходят в мелкодисперсное состояние, а после взаимодействия с цианидом натрия образуют глины [4]. Все эти явления приводят к снижению извлечения золота в продуктивный раствор.

Для предотвращения каналообразования при кучном выщелачивании и для снижения вредного влияния глин (увеличивают сопротивление просачиваемого раствора, сорбируют растворенное золото из цианистых сред) необходимо окомкование дробленной руды. Процесс окомкования широко используют зарубежные фирмы не только для глинистых руд, но и для кварцево-известковых [5]. Окомкование всей руды увеличивает себестоимость золота на $\approx 30\%$ [5], однако если агломерировать только мелкую фракцию руды (27,4%), то осуществление этой операции повысит себестоимость золота всего на $(10 \div 12)\%$. Такие затраты окупятся повышением извлечения золота на $(20 \div 40)\%$.

Для интенсификации процесса кучного выщелачивания благородных металлов используют низкотемпературную агломерацию (окомкование) руды. В качестве связующего применяют известь, портландцемент. Для смачивания руды используют слабые растворы цианида натрия с добавками окислителей. Введение NaCN и окислителей способствует началу процесса растворения золота уже на стадии подготовки золотоносной руды к кучному выщелачиванию. Это увеличивает время взаимодействия реагентов с рудой и в конечном итоге повышает извлечение золота в продуктивные растворы.

Однако окомкование всей массы руды приводит к переводу процесса растворения золота из внешнедиффузионной области во внутридиффузионную, скорость которой на $2 \div 3$ порядка меньше. «Крупное» и «среднее» золото ($d > 0,25\text{мм}$) при этом не будет успевать реагировать с цианистым раствором, что приведет к существенному снижению извлечения благородных металлов при кучном выщелачивании. Такое положение характерно для некоторых установок кучного выщелачивания, использующих окомкование всей руды: извлечение золота повышается всего на $(0,8 \div 1,2)\%$ [5]. Для

решения проблемы извлечения крупного золота в зарубежной практике перед агломерацией руду направляют на гравитацию [5,2].

Анализ графической модели просачивания раствора на действующей установке кучного выщелачивания и с использованием технологии формирования огромного штабеля руды в зимний период (ноябрь - февраль) показал невозможность достижения высоких показателей при извлечении золота из руды. Это обусловлено большим сопротивлением высокого штабеля просачиванию реакционных растворов, образованием ледяных линз и экранированием больших объемов руды за линзами от воздействия цианистого натрия и кислорода, каналообразованием в слое штабеля руды, сорбцией щелочей, цианистого натрия и золота глинами, образующимися при взаимодействии слюдистых минералов с NaCN.

Совместное рассмотрение графических моделей просачивания растворов через слой руды в штабеле и закономерностей растворения крупного и мелкодисперсного золота позволило рекомендовать для интенсификации кучного выщелачивания и увеличения извлечения золота мелкую фракцию руды (- 0,16мм) подвергать окомкованию с добавкой реагентов (NaCN + окислитель) и формировать штабель массой не более 50.000 тонн послойно из окатышей и руды в начале летнего сезона. Предварительное окатывание мелкой фракции увеличит себестоимость золота на (10-12)%, но позволит повысить извлечение золота в раствор на (30-40)%.

Список использованных источников

- 1 Н.П. Лаверов, В.В. Рудаков. «Кучное выщелачивание благородных металлов».- Москва: Издательство Академии горных наук, 2001, 328 с.
- 2 М.А. Меретуков, А.М. Орлов. «Металлургия благородных металлов. Зарубежный опыт». - М.: Metallurgia, 1991, 416с.
- 3 В.Е. Дементьев, Г.Я. Дружина, С.С. Гудков «Кучное выщелачивание золота и серебра», Иркутск: ОАО «Иргиредмет» - 2004, -352.
- 4 В.А. Глембоцкий, В.И. Классен. Флотация. М., «Недра», 1973, 384с.
- 5 Справочник «Кучное выщелачивание золота, зарубежный опыт и перспективы». Под ред. В.В. Караганова, Б.С. Ужкенова, Москва - Улматы, 2002, 288с.