

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
"СОЛТОН-САРЫ"**

Мейманова Ж.С.

*Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова
Институт горного дела и горных технологий им. академика У. Асаналиева*

Рассмотрена актуальность проблемы использования лежалых хвостов как источника минерального сырья. Описаны результаты исследований по концепции кучного выщелачивания минерального сырья.

Изучение проблем, связанных с накоплением и использованием промышленных отходов и утилизацией их в качестве промышленного сырья, в последние годы стало важной прикладной и научно-технической задачей. Вторичные минеральные ресурсы в Кыргызстане представлены отвальными породами добычи, обогащения, гидрометаллургической переработки благородных металлов, шламами и хвостами [1].

В данной работе рассмотрена возможность переработки лежалых хвостов обогатительной фабрики месторождения Солтон-Сары.

Минеральный состав материала хвостов месторождения Солтон-Сары определен рентгеноструктурным и микроскопическим анализами и приведен в табл. 1.

| Минералы, группы минералов | | Массовая доля, % |
|------------------------------------|-----------------------|------------------|
| Кварц | | 47,0 |
| Карбонат | доломит | 11,0 |
| | кальцит | 2,0 |
| Полевые шпаты | калиевый полевой шпат | 9,0 |
| | плагиоклаз | 12,0 |
| Мусковит, серицит | | 11,0 |
| Хлорит | | 2,5 |
| Гидрооксиды железа: гетит, лимонит | | 0,5 |
| Оксиды железа | | 1,5 |
| Пирит | | 3,0 |
| Халькопирит | | 0,3-0,5 |
| Итого: | | 100 |

Как видно из табл. 1, материал хвостов на 95% состоит из породообразующих минералов, главными из которых являются кварц, карбонаты, полевые шпаты и слюдисто – хлоритовые минералы. Рудные минералы в основном представлены пиритом (3,0%) с примесью халькопирита (0,3-0,5).

Из результатов химического анализа видно, что массовая доля кремнезема в пробах составляет 61,11-67,07 %, в среднем 64,46 % глинозема 13,15-15,07%, в среднем 14,17% (табл. 2) относительно повышенными количествами характеризуются оксиды кальция и щелочей (K+ Na).

Таблица 2

Химический состав хвостов на электронно-зондовом микроанализаторе

| Элементы | Массовая доля, % | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|-----------|---------|
| | Образец 1 | Образец 2 | Образец 3 | Среднее |
| SiO ₂ | 67,07 | 61,11 | 65,19 | 64,46 |
| Al ₂ O ₃ | 13,15 | 15,07 | 14,30 | 14,17 |
| MnO | 0,19 | 0,11 | 0,11 | 0,14 |
| P ₂ O ₅ | 0,70 | 0,34 | 0,46 | 0,50 |
| TiO ₂ | 0,18 | 0,51 | 0,67 | 0,45 |
| CaO | 5,19 | 4,14 | 3,85 | 4,39 |
| MgO | 1,82 | 2,31 | 1,24 | 1,79 |
| Na ₂ O | 2,20 | 2,17 | 2,23 | 2,20 |
| K ₂ O | 3,89 | 5,51 | 5,55 | 4,98 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,36 | 7,05 | 5,72 | 6,04 |
| S _{общ} | 0,09 | 0,58 | 0,24 | 0,30 |
| So ₃ | 0,26 | 1,67 | 0,69 | 0,87 |
| Ас, г/т | - | - | - | 1,45 |

Хвосты в большей степени представлены железосодержащими минералами. Массовая доля Fe₂O₃ колеблется от 5,36 до 7,05%, в среднем составляет 6,04%.

Массовая доля серы в рудных составила 0,30%, при колебаниях в частных образцах от 0,09 до 0,58%. Основную ценность в материале хвостов гравитационного обогащения представляет золото. По данным пробирного анализа среднее содержание золота составило 1,45 г/т. Установлено, что доля свободного самородного золота составляет от 0,9 до 1,8 %.

Возможное извлечение золота из хвостов исходной крупности может составить за счет тяжелых сростков с сульфидами – 55,88% и около 4,5-10 % сростков с кварцем и карбонатами.

Программой исследований предусмотрено кучное выщелачивание

Основными целями укрупненных технологических испытаний с применением колонных тестов являются:

- определение оптимальной крупности для выщелачивания;
- определение продолжительности выщелачивания для крупнокусковой руды;
- подтверждение извлекаемости золота при кучном выщелачивании;
- определение расхода реагентов в зависимости от крупности руды и продолжительности выщелачивания.

Испытания, проводимые с использованием больших по массе проб руды в колоннах большого размера, позволяют получить более надежную информацию относительно извлекаемости металлов,

коэффициентов извлечения при выщелачивании, потребности в реагентах. Помимо этого, испытания такого масштаба обеспечивают получение значительного количества другой информации, необходимой для проектирования и промышленной переработки руды.

В настоящей работе было проведено два больших колонных теста на м материале крупностью -2,0 мм и -0,5 мм. Установка по выщелачиванию включала две колонны выщелачивания: диаметром 250 мм, высотой 2400 мм для руды крупностью -75 мм и диаметром 150 мм, высотой 2100 мм для руды крупностью -25 мм; две сорбционные колонны высотой 260 мм, диаметром 80 мм и высотой 200 мм, диаметром 60 мм; приемные емкости для продуктивных и обеззолоченных растворов объемом по 20 л каждая.

В качестве сорбента использовалась свежая смола марки АМ-2Б.

Раствор для орошения руды подавался сверху со скоростью 18-25 л/м²/ч (для материала крупностью -2,0 мм) и 13-16 л/м²/ч (для материала крупностью -0,5 мм) при строгом контроле состояния поверхности руды в колоннах с целью

недопущения образования на ней луж раствора и сухих участков. Процесс был разбит на циклы, каждый из которых включал в себя выщелачивание золота из руды и сорбционное извлечение его из раствора.

Сорбция проводилась в одну стадию. Для исключения «проскока» по золоту было взято заведомо большее от необходимого количество сорбента. После сорбции фиксировалась масса оборотного раствора и отбиралась средняя проба для анализа на содержание золота, рН и остаточную концентрацию цианида натрия.

При необходимости раствор укреплялся по цианиду и щелочи. При уменьшении объема раствора вследствие испарения, отбора проб на анализы в оборотный раствор добавляли свежий раствор. После доукрепления оборотного раствора определялась фактическая концентрация цианида натрия титрованием, замерялся рН, после чего раствор направляли на орошение руды в колонне. Далее циклы выщелачивания и сорбции проводились в аналогичном режиме.

Исходные параметры процесса колонного выщелачивания приведены в таблице 3.

Таблица 3

Исходные параметры колонных тестов

| Наименование параметров и показателей | Крупность руды, мм | |
|---|--------------------|---------|
| | -2,0 | -0,5 |
| Вес материала, загруженной в колонну, кг | 161,5 | 50,0 |
| Начальная высота слоя руды, мм | 2380 | 2090 |
| Насыпная масса гранулированного материала, т/м ³ | 1,325 | 1,296 |
| Количество раствора, подаваемого на орошение, л/сут. | 17,67 | 10,5 |
| Исходная концентрация цианида натрия в растворе, % | 0,05 | 0,05 |
| рН рабочего раствора | 10,5-11 | 10,5-11 |
| Исходное содержание золота в руде (по данным пробирного анализа), г/т | 1,45 | 1,45 |
| Загрузка смолы в сорбционную колонну, мл | 800 | 400 |
| Усадка руды в колонне после первого цикла выщелачивания, % | 0,2 | 0,2 |

Первые продуктивные растворы были проанализированы на содержание основных компонентов. Результаты анализов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты химического анализа первых продуктивных растворов

| Компоненты | Содержание, мг/л | |
|----------------|------------------|--------|
| | -2,0 | -0,5 |
| Золото | 6,10 | 2,65 |
| Серебро | 1,70 | 2,11 |
| Медь | 2,36 | 9,00 |
| Цинк | ≤0,05 | 0,12 |
| Никель | 1,11 | 0,40 |
| Кобальт | 0,22 | 0,10 |
| Железо | 2,00 | 5,90 |
| Марганец | 0,06 | ≤0,05 |
| Кальций | 621,24 | 124,2 |
| Магний | 9,72 | н.об. |
| Сульфаты | 950,57 | 477,34 |
| Хлориды | 3244,4 | 1689,8 |
| Карбонаты | н.об. | н.об. |
| Гидрокарбонаты | 195,26 | 427,10 |
| Сухой остаток | 8526 | 3752 |

Высокое содержание золота в первых продуктивных растворах свидетельствует о высокой кинетике выщелачивания.

В таблице 5 и на рисунках 1, 2 приведены основные показатели по времени проведения ко-

лонных тестов, количеству пропущенных растворов, извлечению золота (по оперативному контролю) и расходу реагентов.

Таблица 5

Показатели по извлечению золота, времени выщелачивания, объему пропущенных растворов и расходу реагентов

| Наименование параметров и показателей | Крупность руды, мм | |
|---|--------------------|-------|
| | -2,0 | -0,5 |
| Количество циклов выщелачивания | 21 | 21 |
| Фактическая средняя интенсивность орошения, л/м ² /ч | 14,99 | 24,71 |
| Фактическая удельная интенсивность орошения, л/ кг/сут | 0,114 | 0,219 |
| Суммарное количество пропущенного раствора, м ³ /т | 2,256 | 4,399 |
| Извлечение золота в раствор, % | 84,40 | 88,28 |
| Расход цианида натрия, кг/т | 0,625 | 0,811 |
| Расход щелочи, кг/т | 0,200 | 0,365 |

Экономически обоснованным является содержание золота в продуктивном растворе на уровне 0,1мг/л. Исходя из этого (в соответствии с таблицами оперативного контроля колонных те-

стов), необходимое количество рабочего раствора для выщелачивания золота составит из руды крупностью -75мм 1,928 м³/т, для руды крупностью - 25мм – 1,755 м³/т.

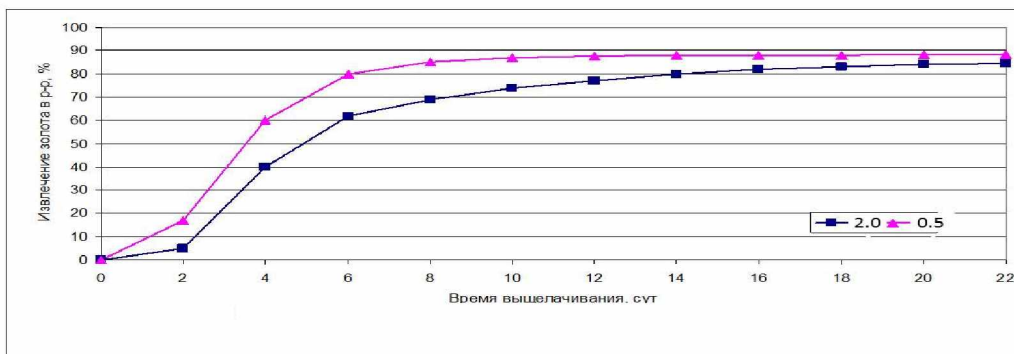


Рисунок 1. Зависимость извлечения золота от продолжительности выщелачивания

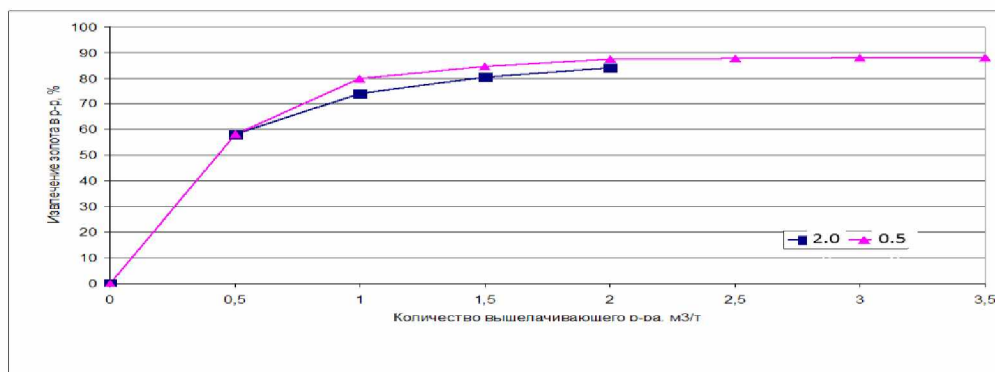


Рисунок 2. Зависимость извлечения золота от количества выщелачивающего раствора

Из рисунка 2 видно, что кинетика выщелачивания золота из материала крупностью -0,5мм выше, чем из материала крупностью -2,0мм.

был проанализирован на содержание основных компонентов. Результаты анализа приведены в таблице 6.

По окончании проведения колонных тестов раствор после последнего цикла выщелачивания

Результаты химического анализа растворов после последнего цикла выщелачивания

| Компоненты | Содержание, мг/л | |
|----------------|------------------|--------|
| | -2,0 | -0,5 |
| Золото | 0,023 | 0,009 |
| Серебро | 0,02 | 0,008 |
| Медь | 3,18 | 3,40 |
| Цинк | ≤0,05 | 0,70 |
| Никель | 2,70 | 0,40 |
| Кобальт | 0,38 | 0,09 |
| Железо | 5,10 | 6,90 |
| Марганец | ≤0,05 | ≤0,05 |
| Кальций | 12,02 | 4,01 |
| Магний | 2,40 | ≤0,05 |
| Сульфаты | 229,62 | 62,55 |
| Хлориды | 797,56 | 946,29 |
| Карбонаты | ≤0,05 | 72,0 |
| Гидрокарбонаты | 634,61 | 561,38 |
| Сухой остаток | 2292 | 2230 |

Сравнение химического состава первых и последних продуктивных растворов показывает, что в последних продуктивных растворах уменьшилось содержание благородных металлов за счет сорбции их смолой. Уменьшилось содержание сухого остатка.

По окончании колонного выщелачивания хвосты были промыты водой до полного отсутствия в промывных растворах цианида натрия (

Последние промывные растворы были проанализированы на содержание основных компонентов.

Исследования по выщелачиванию золота из хвостов обогащения месторождения Солтон-Сары с применением колонных тестов позволили сделать следующие выводы:

- испытываемые материалы пригодны для переработки методом кучного выщелачивания;

- извлечение золота существенно не зависит от крупности материала ;

- ожидаемое товарное извлечение золота из руды крупностью -2,0 мм составит 73,26%, из руды крупностью -0,5 мм - 74,87%;

- необходимое количество рабочих растворов для выщелачивания золота составляет 1,928 м³ раствора на 1 материала крупностью -2,0 мм и 1,755 м³ раствора на 1 т материала крупностью -0,5 мм;

- расход реагентов на процесс колонного выщелачивания составил, кг/т: для руды крупностью -2,0 мм - цианида натрия – 0,625, щелочи – 0,200; для руды крупностью -0,5 мм - цианида натрия – 0,811, щелочи – 0,365;

Заключение

Переработка хвостов является перспективным направлением развития добычи техногенных месторождений. При изучении данного вопроса можно увидеть много положительных моментов: получение новых источников минерального сырья, более дешевого по сравнению с добычей его из недр. Направление комплексного использования недр с учетом энерго- и ресурсосбережения обеспечит улучшение экологии и экономики в регионе.

Литература

1. Царьков В.А. Опыт работы золотоизвлекательных предприятий мира. – М. Издательский дом «Руда и Металлы», 2004. – 112с.
2. Дорожкина Л.А. Мировой рынок золота в 2007-2008гг. Информационно-аналитический центр «Минерал». 2008г. <http://www.mineral.ru>
3. Кучное выщелачивание золота – зарубежный опыт и перспективы развития. Справочник / Под редакцией В.В. Караганова и Б.С. Ужкенова. – Москва – Алматы, 2002. – 260с.
4. Чантурия В.А., Седельникова Г.В. Развитие золотодобычи и технологии обогащения золото-содержащих руд и россыпей // Горный журнал. – 1998. – №5.
5. Дементьев В.Е., Татаринов А.П., Гудков С.С. Основные аспекты технологии кучного выщелачивания золотосодержащего сырья // Горный журнал. – 2001. – №5. – С. 53-55.