

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аренс В. Ж. Физико-химическая геотехнология: Монография. М.: Изд-во МГТУ, 2001. 656 с.
2. Бейсембаев Б.Б., Кенжалиев Б.К., Абсалямов Х.К., Лерман Б.Д., Лузин Б.С., Доронин А.П. Теория и практика кучного выщелачивания золота. Алматы: Гылым, 1998. 199 с.

УДК 622.343.12
ОРЫНГОЖИН Е.С.

Электросорбционная технология извлечения золота из сульфидных руд

Технологическая схема электросорбционного выщелачивания золота из рудной пульпы с осаждением золота на ионитовую смолу (рисунок) предполагает выполнение следующих процессов:

- дробление и измельчение сульфидной руды до класса – 0,0074;
- водную подготовку пульпы в соотношении Ж:Т = (3÷5):1;
- добавление в пульпу соли натрия до получения 20 % концентрации раствора по NaCl;
- ввод в пульпу ионообменной смолы;
- наложение на подготовленную пульпу электрического тока;
- осуществление однообразного процесса выщелачивания золота и его сорбции на ионообменную смолу;
- грохочение золотонасыщенной смолы;
- отмывку ионита от щепы;
- направление обеззолоченной пульпы на сгущение;
- направление сгущенных кеков на хвостохранилище, а верхнего слива сгустителя на повторную операцию подготовки свежей порции пульпы к выщелачиванию и сорбции;
- направление отгрохоченного и промывного от щепы золотонасыщенного ионита на десорбцию золота и регенерацию смолы с электровоздействием на процесс;
- направление обеззолоченной смолы на повторное использование в процесс сорбционного выщелачивания золота;
- направление золотосодержащего десорбата (элюата) на осаждение золота в концентрат;
- направление концентрата на аффинаж;
- направление маточного раствора осаждения золота в аппарат электрохимического выщелачивания и сорбции.

Для проведения полупромышленных (опытно-промышленных) испытаний электрохимической технологии был разработан временный технологический регламент на проектирование и эксплуатацию опытно-промышленной установки, выполнено проектирование и изготовление установки.

Установка производительностью по перерабатываемому сырью 1000 т/год была разработана НПЦ «Реактив» (г. Степногорск).

Выбор производительности установки был обоснован достаточностью принятой производительности для получения достоверных данных по работоспособности созданной технологии, а также мощностью существующих в НПЦ «Реактив» электросиловых

установок и возможностью существующего узла утилизации сбросных растворов и кеков.

По разработанной схеме электрохимического выщелачивания золота из сульфидных руд, исходная руда из оборудованного рудного склада подается электротельфером в бункер, откуда шнековым питателем подается на измельчение в барабанную шаровую мельницу, где происходит разрушение частиц материала в результате ударов мелющих тел (шаров). Измельчение проводится в замкнутом цикле, то есть мельница сопрягается с механическим классификатором в один агрегат. Пески классификатора возвращаются на доизмельчение в мельницу, а готовый класс (–0,074) со сливом поступает в сгуститель.

Верхний слив сгустителя подается аэролифтом в цикл измельчения, а сгущенный до Т:Ж = 1:1 продукт поступает в зумпф. Из зумпфа песковым насосом пульпа подается на электрохимическое выщелачивание.

Выщелачивание является первой стадией гидрометаллургической переработки минерального сырья, с помощью которого извлекаются ценные компоненты.

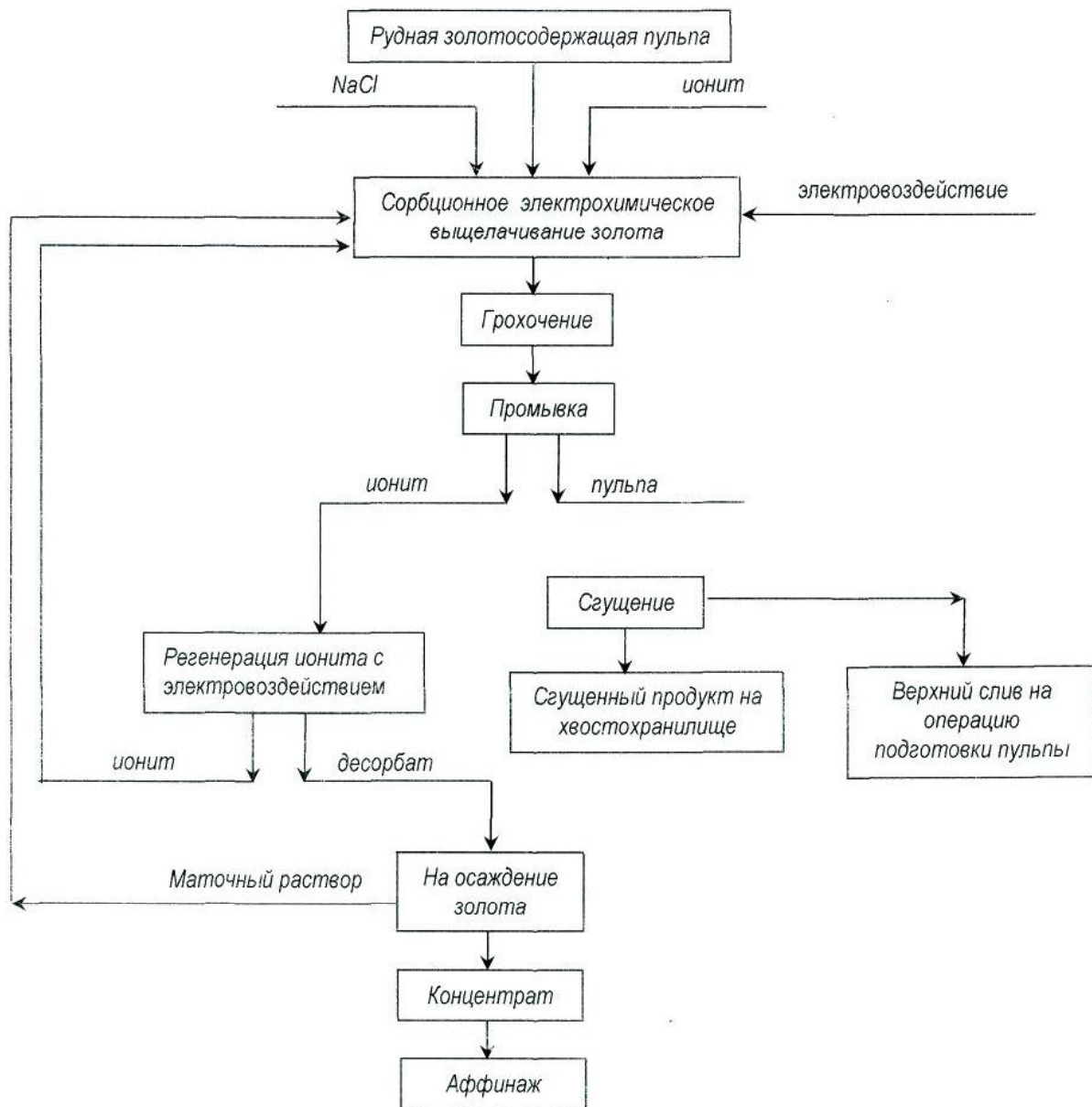
Процесс электрохимического выщелачивания металлов сводится к тому, что под воздействием внешнего электрохимического поля усиливается растворение благородных металлов:

- внешнее электрическое поле приводит в движение слои гидратированных ионов, покрывающих поверхность пор в породах и притянутых некомпенсированным электрическим зарядом поверхности в результате изоморфно-замещенных атомов кристаллической решетки на атомы большей или меньшей валентности;

- процесс растворения золота и серебра подчиняется общим закономерностям электрохимической коррозии металлов и представляется в виде короткозамкнутого гальванического элемента;

- перколяционный эффект, выражающийся в том, что при пропускании тока в порах происходит выделение энергии, приводящей к росту трещин и капилляров и доступу растворителя к частицам золота.

Для полупромышленных испытаний технологии были разработаны специальные электрохимические реакторы – пачуки с перемешиванием пульпы сжатым воздухом. Они представляли собой цилиндрические аппараты с коническим днищем, встроенным эрлифтом и электродами. Для электросорбционного выщелачивания золота с использованием ионитовой смолы, катод пачука представлял собой трубу, в которой размещался анод.



Принципиальная технологическая схема электросорбционного извлечения золота из рудных пульп

Для варианта технологии с осаждением золота на углеволокнистый катод был разработан U-образный пачук с разделением на две камеры – для потока пульпы и для осаждения золота на катод.

Для проведения полупромышленных испытаний технологии электрохимического извлечения золота в раствор на созданной на базе НПЦ ТОО «Реактив» полупромышленной установке было предусмотрено использование сульфидной руды месторождения Бестобе с задающими параметрами технологии: NaCl 20-30 %, $J = 600-1000 \text{ A/m}^2$ площади анода, Ж:Т = 1:3, при напряжении электролиза 26 В.

Полупромышленная установка оснащена тремя реакторами, каждый объемом $0,75 \text{ м}^3$ с внутренним диаметром 900 мм и высотой корпуса 1120 мм. Реакторы оснащены электродвигателями 4А112М6 по 4 кВт каждый с числом оборотов 960 об/мин для размешивания пульпы.

Измельчение руды осуществлялось в стержневой мельнице объемом $0,15 \text{ м}^3$, оснащенной электродвигателем 4А100М4, мощностью 4 кВт с числом оборотов

1500 об/мин. В состав установки для полупромышленных испытаний технологии входили также: два классификатора производительностью каждый по 20 т/сутки, один сгуститель производительностью 20 т/сутки, четыре рукавных фильтра, работающих под давлением 5-6 атм., четыре песковых насоса производительностью каждый от 10 до 30 т/сутки.

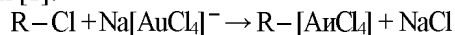
Технологическая схема электрохимического выщелачивания золота из сульфидной руды с одновременной его сорбцией на ионитовую смолу осуществлялась следующим образом.

Из зумпфа песковым насосом рудная пульпа подавалась в реактор, где смешивалась с раствором NaCl до соотношения Т:Ж = 1:3 и далее в пачуки поз. 8₁, 8₂, 8₃ на электрохимическое сорбционное выщелачивание. Одновременно с пульпой в пачуки загружалась ионообменная смола. Сорбция – это ионообменный процесс, в котором осуществляется избирательное поглощение одного или нескольких компонентов из растворов и пульп с помощью ионитов. Иониты практически нерастворимы в воде и обычных растворах и

обладают подвижными ионами, способными обмениваться на эквивалентное количество ионов (с зарядом того же знака) из растворов, с которым взаимодействует. Процесс сорбции обратим.

Сорбция применяется главным образом при небольших концентрациях поглощаемого вещества в исходном растворе, когда требуется достичь практически полного извлечения этого вещества.

Сорбция золота из пульпы осуществлялась ионообменной смолой марки АМ-2Б. Химизм процесса сорбции [1]:



Кроме комплексного аниона золота сорбент сорбировал из пульпы примеси в виде комплексных и простых анионов. Примеси значительно снижали сорбционную емкость смолы. Для подавления сорбции примесей подбирались соответствующие режимы электровоздействия.

Наиболее полное извлечение золота из жидкой фазы определялось продолжительностью пребывания смолы в процессе электрообработки пульпы условиями, в которых протекает сорбция: плотностью пульпы, тониной помола, вязкостью, температурой, гидродинамическими параметрами (расход пульпы, интенсивность перемешивания).

Из аппаратов электрохимической обработки насыщенная смола вместе с пульпой насосом направлялась на сито, где смола отделялась от пульпы. Пульпа после отделения от смолы анализируется на содержание остаточного золота в твердом и при достижении сбросных (<1,5 г/т) содержаний направлялась на хвостохранилище. Если извлечение золота было недостаточным, пульпу направляли на доизвлечение золота тиосульфатом аммония, после чего отделяли раствор фильтрованием. Из раствора цементацией сульфидом (сульфитом) натрия или цинка выделяли золото, кек промывался и сбрасывался. Золотонасыщенная смола АМ – 2Б направлялась на десорбцию.

В процессе полупромышленных испытаний технологии замерялись значения рН и Eh пульпы. Пробы сорбента отбирались ежечасно и анализировались на содержание золота. В качестве сорбента использовалась ионитовая смола АМ – 2Б.

Для контроля процесса электрохимического выщелачивания золота из сульфидной руды использовались мономеры И-130, блок автоматического титрования БАТ-15, вольтметры, амперметры, плотномер пульпы, рН-метр.

Химические анализы руды и раствора выполнялись службой химико-аналитической лаборатории ТОО НГЦ «Реактив».

Процесс регенерации золотонасыщенного сорбента после хлоридного электросорбционного выщелачивания осуществлялся предварительной сернокислотной обработкой для снятия металлов-примесей, с последующей десорбцией золота раствором тиомочевины в растворе серной кислоты.

При фильтровании элюирующих растворов через

слой насыщенного по золоту анионита получали растворы с переменной концентрацией золота, из которых растворы с высокой концентрацией (элюаты) для электролиза выводили на дальнейшую переработку (электролиз), а остальные – с более низкой концентрацией – использовали в качестве оборотных элюирующих.

В соответствии с технологической схемой испытания электрохимической технологии извлечения золота из сульфидной руды с сорбцией его на ионитовую смолу проведены на руде месторождения Бестобе с параметрами:

1. NaCl – 30 %, Ж:Т = 3:1, J = 600 А/м², V = 26 в.

2. NaCl – 25 %, Ж:Т = 3:1, J = 900 А/м², V = 26 в.

3. NaCl – 20 %, Ж:Т = 3:1, J = 1000 А/м², V = 26 в.

Всего проведено 15 опытов по 5 опытов на каждую группу параметров электровоздействия.

Израсходовано 16,5 т руды, по 1,1 т на опыт, и 4,12 т соли натрия (~ 250 кг/т руды).

В соответствии с технологической схемой и схемой цепи аппаратов в одновременной работе находилось 3 пачука (электрохимических реактора).

Анализ результатов полупромышленных экспериментов показал:

– при совмещении процесса электрохимического выщелачивания и сорбции, по сравнению с контрольными экспериментами совмещения выщелачивания и сорбции без наложения электрического тока, происходит увеличение выхода золота в раствор сорбции на 20-25 %, сорбционная емкость ионообменной смолы АМ-2Б повышается на 30-40 %;

– дальнейшее повышение емкости ионита по золоту при данной схеме затруднено вследствие восстановления его на катоде при выделении на нем водорода;

– для снижения влияния восстановительного процесса предложена технология сорбции золота на углеволокно (катод, покрытый слоем углеволокна).

В процессе полупромышленных испытаний установка подтверждена ее достаточно высокая надежность и хорошая работоспособность. Все системы установки работали в заданном режиме без существенных поломок.

Технологические исследования электрохимического извлечения золота с сорбцией на ионитовую смолу осуществлялись в течение 15 суток с продолжительностью рабочей смены 8 часов, из которых 2 часа тратились на подготовительные операции и 6 часов собственно на электрохимическое извлечение золота. За весь период переработано 16,5 т руды со средним содержанием золота в руде 7,2 г/т. На переработку затрачено 120 часов.

В процессе полупромышленных испытаний технологии израсходовано 50 м³ технической воды. Средний коэффициент извлечения золота в раствор составил 87 %. Израсходовано на извлечение 1 г золота в раствор в среднем 4 кВт·ч/г. Расход технической соли натрия NaCl на 1 т руды составил 250 кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейсембаев Б.Б., Кенжариков Б.К., Абсартов Х.К. и др. Теория и практика кучного выщелачивания золота. Алматы: Ғылым, 1998.