

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Актаев Е.К.¹, Абдула Ж.², Омарова А.³, Сыдыкбекова Б.⁴

¹Актаев Еркин Куанышбекович – кандидат физико-математических наук, доцент;

²Абдула Жамдыл – доктор технических наук, профессор;

³Омарова Алия – магистр физики;

⁴Сыдыкбекова Балжан – магистрант,
кафедра стандартизации и физики,

Таразский инновационно-гуманитарный университет, г. Тараз, Республика Казахстан

Аннотация: показана принципиальная возможность извлечения золота и серебра из упорных золотосодержащих материалов с использованием электронно-лучевого воздействия в кислотно-солевой среде за счет образования активного хлора в объеме пульпы.

Ключевые слова: обогащение измельченной руды, гидрометаллургическое цианистое извлечение золота, раствор, полумерная смола, тиомочевинная десорбция золота, электролитическое осаждение, углеволокнистый катод.

УДК 539.104;548.58

Исследования проводили с целью установления принципиальной возможности извлечения благородных металлов из упорных золотосодержащих материалов.

В качестве исходного материала была взята проба руды Бакырчикского месторождения. Руды этого месторождения относятся к упорным плохо поддающимся вскрытию различными выщелачивающими реагентами, в том числе и цианидом натрия. Упорность данной золотосодержащей руды связана с тем, что золото представлено в ассоциации с пиритом арсенопиритом. Сложность выщелачивания обусловлена также тонкой вкрапленностью золота в минералах.

Извлечение золота из руд традиционно включает следующие операции: обогащение измельченной руды, гидрометаллургическое цианистое извлечение золота в раствор, сорбция на полумерной смоле, тиомочевинная десорбция золота, электролитическое осаждение его на углеволокнистом катоде. Классическая схема является многоступенчатой, требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат с использованием токсичных реагентов.

Одним из методов, позволяющих сократить количество операций, снизить себестоимость получения золота, мог бы стать способ прямого электронно-лучевого воздействия на золотосодержащий материал с последующим использованием нетоксичных выщелачивающих соединений.

Разрабатываемый метод в отличие от вышеперечисленных является в достаточной мере универсальным и обладает комбинированным воздействием на микроуровне – просходят атомарные и молекулярные превращения в твердой и жидкой фазах обрабатываемого материала (пучок электронов воздействует на электроны как внешних, так и внутренних энергетических уровней).

Электронно-лучевое воздействие используется в настоящее время в варианте электронно-лучевой плавки тугоплавких материалов. Электронно-лучевая плавка основана на преобразовании высокой кинетической энергии электронов в тепловую при соударении с материалом. При более мягком воздействии на упорный золотосодержащий материал электронами с низкой энергией (3-5 кэВ) на выходе можно расшатать кристаллическую решетку материала, не расплавляя его [1].

Исследуемая руда имела следующий химический состав: золото - 6,4 г/т; серебро - 0,9 г/т; оксид кремния - 61,0%; оксид алюминия - 13,0%; мышьяк - 0,4 %; медь - 0,01%; цинк - 0,01%; железо - 2,65%; сера общ - 0,35%; то есть более 74 % руды составляют оксид кремния и оксид алюминия, что свидетельствует о наличии кварцевых и алюмосиликатных образований. Сера, мышьяк и железо присутствуют в руде в форме пирита и арсенопирита. Руда относится к упорным и содержит породы с тонковкрапленным золотом. Специфическим признаком бакырчиской руды является присутствие в ней минерала шунгита, обладающего высокой сорбционной способностью по отношению к золоту, что всегда вызывает затруднение при гидрометаллургической переработке.

Методика исследований. Для проведения исследований использовали линейный ускоритель электронов марки «ЭЛВ-6». В качестве реактора был применен термостатируемый титановый стакан с внутренним диаметром 14,5 см и толщиной стенки 0,2 см, высотой 20,0 см. Материал реактора подобран, исходя из хорошей стойкости к активным выщелачивающим растворам и прозрачности для прохождения электронов.

Пульпа приготавливалась непосредственно в реакторе и перемешивалась стеклянной мешалкой (импеллер) с электроприводом. Скорость перемешивания пульпы варьировалась в пределах 200-1000 об/мин. Отбор проб производился в течение опыта стеклянным проотборником. Сверху реактор был закрыт крышкой для предотвращения уноса жидкой и газовой фаз. Для измельчения руды пользовались

лабораторным истирателем с корундовыми дисками марки «ЛДИ-60 МП». Все растворы готовились на дистиллированной воде. Для приготовления растворов использовали реактивы: NaCl, HCl, NaC, CH_3COOH -все квалификации «х.ч». Степень превращения Cl-иона в Cl_2 , OCl-ион рассчитывали по результатам титрования, проведенного по методике [2].

Для активации процессов разрушения кристаллической решетки минеральных компонентов применяли электронно-лучевую обработку. Сухая измельченная руда или пульпа подвергались воздействию пучка электронов с низкой энергией – 4÷5 кэВ.

Процесс гидрохлорирования проводился непосредственно в пульпе активным хлором, полученным при воздействии электронов на кислотно-солевой раствор. Предварительно была определена возможность образования активного хлора в растворах хлорида натрия, соляной кислоты и их смеси.

Установлено, что при облучении растворов образуется активный хлор. При увеличении времени воздействия электронного пучка на смеси однонормальных растворов соляной кислоты и хлорида натрия в различных соотношениях степень превращения Cl-иона в активный хлор монотонно увеличивается (рис. 1), причем, с увеличением концентрации кислоты возрастает угловой коэффициент зависимости.

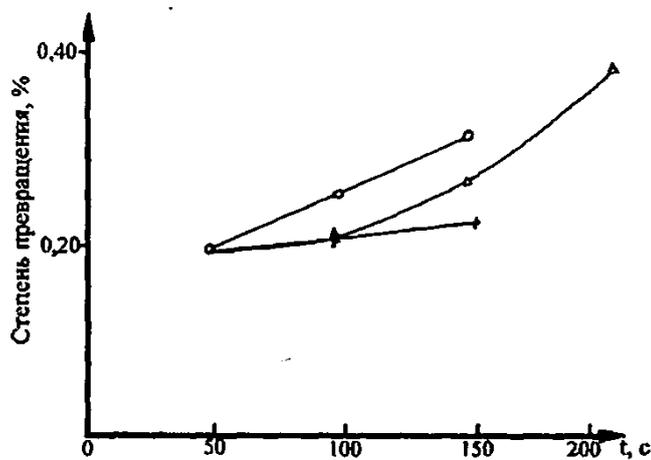


Рис. 1. Зависимость степени превращения Cl-иона в Cl_2 и OCl-ион (активный хлор) от времени
 о – отношение HCl : NaCl = 1:3
 — – отношение HCl : NaCl = 1:5
 + – отношение HCl : NaCl = 1:30

Это свидетельствует о более высокой скорости образования активного хлора в кислых (рН 0÷1) растворах. Из вышеизложенного следует, что при электронно-лучевом воздействии образуется активный хлор в количествах, достаточных для образования хлоридных комплексных соединений золота и серебра и перехода их в жидкую фазу. Однако активный хлор взаимодействует с большинством компонентов руды, и необходимый расход его обеспечивался дополнительными дозами ускоренных электронов [4].

Исследования показали, что процесс гидрохлорирования можно проводить не в классическом варианте (когда молекулярный хлор транспортируют по хлоропроводу в реактор), а по совмещенной схеме (когда активный хлор выделяется непосредственно в объеме пульпы в кислотно-солевом растворе за счет электронно-лучевого воздействия).

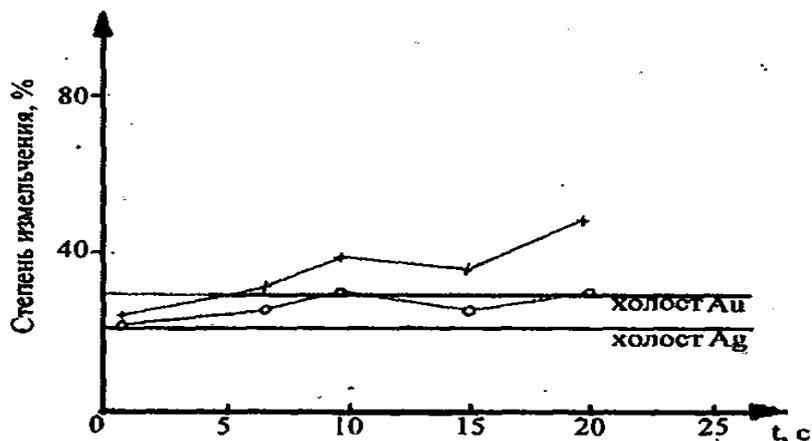


Рис. 2. Зависимость степени извлечения золота и серебра от времени облучения неизмельченной руды: + - золото; о - серебро (0,5н NaCl; 0,5н HCl)

Выщелачивание золота и серебра из исследуемой руды проводили в эквимольной смеси хлорида натрия и соляной кислоты, варьируя величину интегральной дозы, при этом электронно-лучевому воздействию подвергалась как неизмельченная, так и измельченная руда.

Анализ жидкой фазы на содержание золота и серебра проводили в физико-аналитической лаборатории атомно-адсорбционным методом.

Ранее приведены данные по извлечению благородных металлов в жидкую фазу из неизмельченной руды крупностью 0-3 мм в кислотной среде. Из рис. 2 видно, что при увеличении времени электронно-лучевого воздействия и соответственно интегральной величины дозы, в жидкую фазу переходит все большее количество благородных компонентов. Степень извлечения золота достигает 50%, а серебра 30% при времени электронно-лучевого воздействия - 20 мин. Во временном интервале 5-20 мин степень перехода серебра достигает максимальной величины, в то время как степень извлечения золота продолжает увеличиваться. Данный факт можно использовать для селективного перевода благородных компонентов руды в раствор [5].

При обработке измельченной руды (крупность - 0,074 мм) в аналогичных условиях (рис. 3) наблюдается резкое возрастание степени извлечения серебра в том интервале времени облучения, где на неизмельченной руде извлечение серебра в жидкую фазу оставалось постоянным.

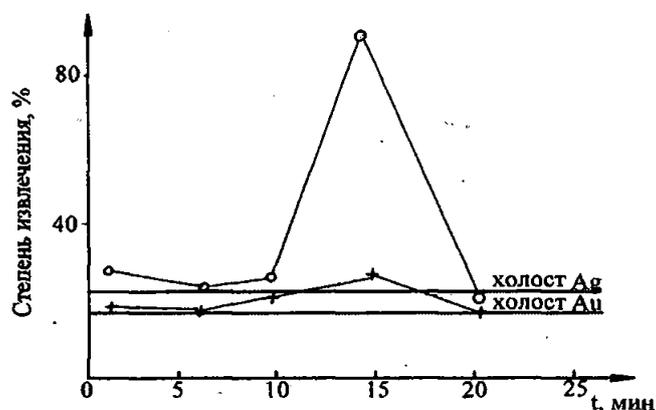


Рис. 3. Зависимость степени извлечения золота и серебра в жидкую фазу от времени облучения измельченной руды: + - золото; о - серебро (0,5н NaCl; 0,5н HCl)

Данный факт также можно использовать при разделении золота и серебра безреагентным способом. Такое поведение серебра объясняется тем, что образование хлорида серебра протекает легче, чем образование хлорида золота (величина изобарно-изотермического потенциала хлорида серебра отрицательна). При механическом измельчении серебро становится доступным для выщелачивающих реагентов в первую очередь. Золото же в процессе измельчения из-за высокой температуры, возникающей при истирании между дисками, легко капсулируется минеральными составляющими руды. Образующиеся при этом вещества, содержащие в своем составе золото, хуже поддаются воздействию активного хлора, чем тонкокрапленое золото, имеющееся в образце неизмельченной руды.

Технология осаждения золота и серебра из полученных растворов. Для извлечения золота и серебра из растворов, полученных после электронно-лучевого воздействия на пульпу, был использован метод цементации благородных металлов с помощью цинковой стружки.

Раствор после гидрохлорирования с использованием электронно-лучевого воздействия пропускался через сосуд - цементатор, который представлял собой колонку, где на ложное дно укладывались последовательно слои углеволокнистого материала (УВМ) и цинковой стружки. Подача раствора осуществлялась снизу вверх. Выходное отверстие цементатора было расположено перпендикулярно входному, что создавало завихрение в растворе и способствовало более полному использованию объема УВМ для осаждения золота и серебра.

После насыщения УВМ он промывался, затем извлекался из цементатора и подвергался сушке и прокаливанию. При однократном прохождении продуктивного раствора через цементатор содержание золота в жидкой фазе снижалось более чем в 6 раз до остаточной концентрации 0,2 мг/л.

Происходящие химические процессы основаны на различии в свойствах металлов - более электроотрицательный компонент (цинк) вытесняет из продуктивных растворов более электроположительные компоненты (золото, серебро).

Химизм процесса осаждения золота на УВМ заключается в следующем: при контакте цинка с УВМ в водных растворах возникает эффект гальванической пары вследствие перехода электронов цинка на слой электропроводного УВМ, в котором и происходит восстановление золота. Этот процесс следует

рассматривать как окислительно-восстановительный, проходящий в объеме ватина. Осажденное золото в этом случае является катодным металлом, т.е эффект, создаваемый цементатором, аналогичен классическому электролизу.

ВЫВОДЫ 1. Показана принципиальная возможность извлечения золота и серебра из упорных золотосодержащих материалов с использованием электронно-лучевого воздействия в кислотнo-солевой среде за счет образования активного хлора в объеме пульпы.

2. Установлено, что извлечение золота из неизмельченной руды крупностью 3 мм в 2 раза выше, чем при выщелачивании аналогичным образом измельченной руды крупностью - 0,074 мм.

3. Совмещение электронно-лучевого воздействия с кислотнo-солевым выщелачиванием позволяет сократить время обработки руды по сравнению с традиционным методом гидрохлорирования.

4. Предложена технология получения катодного золота из кислотнo-солевых растворов с использованием эффекта гальванической пары.

5. Рекомендуется обработку руды Бакырчикского месторождения проводить в кислотнo-солевым растворе при эквимолярном соотношении хлорида натрия и соляной кислоты.

Список литературы

1. *Абдулаев Ж., Аршакуни В.* «Применение радиационных процессов при комплексной переработке минерального сырья», Вестник Радиацион.техники. Евразия. № 3. М., 1992. С. 43-48.
2. *Лурье Ю.Ю.* Химический анализ сточных вод. М., 1966. 278 с.
3. *Столяров И.* Атомно-абсорбционная спектрометрия при анализе минерального сырья. Л., 1981. 200 с.
4. *Аршакуни Р.Г., Абдуллаев Ж.* «Возможности радиационной технологии в некоторых процессах переработки минерального сырья». Вестник Радиацион.техники. Евразия. № 4-5. М., 1992. С. 48-53.
5. *Абдуллаев Ж., Мажренова Н.* «Исследование кинетики и механизма выщелачивания золотосодержащих концентратах в поле электронного облучения» Механика и моделирование технологических процессов. № 2 1997. Стр. 67-72.