УДК 622. (575 1)

Ж.М. Бекпулатов

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ЗОЛОТА ИЗ РУД

Сорбция золота из рудной пульпы с помощью ионитов позволяет исключить из технологических схем переработки руд — фильтрацию, осветление растворов, осаждение золота цинковой пылью и переработку шламов. Это технология позволяет получать на фабриках готовый продукт с содержанием благородных металлов 85—96%. Сорбционное выщелачивание, так же как и сорбция золота из пульпы, прошедшей процесс цианирования, наиболее просто можно осуществить в обычных механических мешалках или в бутылочном агитаторе, либо в конических чанах при пневматическом перемешивании пульпы. При переработке кварцевой руды (с содержанием Аи-4 —16 г/т) без фильтрационно-сорбционным методом по данной схеме с использованием анионита Ам—2Б получены следующие результаты: извлечение золота из жидкой фазы до 99%; извлечение серебра из жидкой фазы до 92%.

Ключевые слова: золото, хвост, серебро, руда, сорбционные, смолы, золото, десорбции, цинка, целлюлоза, анионит.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-121-125

Сорбция золота из рудной пульпы с помощью ионитов позволяет исключить из технологических схем переработки руд — фильтрацию, осветление растворов, осаждение золота цинковой пылью и переработку шламов. За счет снижения потерь растворенного золота в хвостах повышается его извлечение. Это технология позволяет получать на фабриках готовый продукт с содержанием благородных металлов 85—96%.

Наибольшего эффекта сорбционной технологии получается при переработке глинистых руд, требующих большого фронта фильтрации, а также при переработке мышьяковистых и углистых руд. Для извлечения цианистого комплексного аниона Au $(CN)^-_2$ применяют анионообменные смолы (аниониты). Принципиальная схема переработки золотосодержащих руд с использованием анионитов приведена на рисунке.

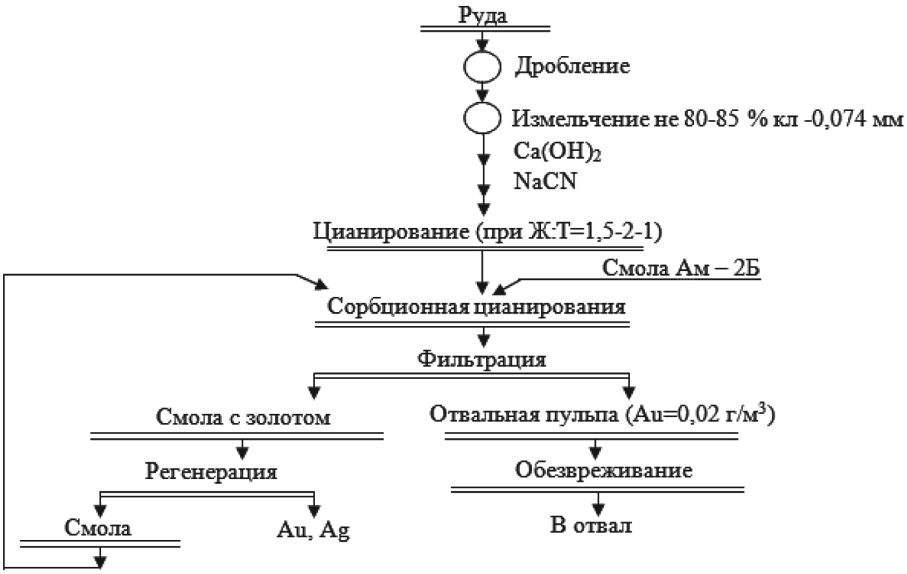
Разработанная в ГП «ИМР» методика использования ионообменных смол при гидрометаллургическом переделе золотосодержащих руд и концентратов включает:

1. Определение и оценку ионного состава жидкой фазы цианистой пульпы.

2. Выбор марки анионита и установление на рабочих цианистых растворах основных показателей сорбента:

- емкости по золоту, серебру и неблагородным металлам, присутствующим в жидкой фазе цианистой пульпы;
- селективности по отношению к золоту;
- кинетики обмена;
- изотермы сорбции золота;
- механической прочности сорбентов;

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 8. С. 121–125.
© Ж.М. Бекпулатов. 2017.



Принципиальная схема переработки золотосодержащих руд с использованием анионитов

• десорбции золота и регенерации анионита, насыщенного комплексными анионами из рабочего роствора;

• изменения емкости и кинетической характеристики анионита при повторном использовании его в цикле сорбции.

3. Методика сорбционного выщелачивания руд.

4. Укрупненные испытания ионообменного процесса.

Ионообменные смолы производятся в виде частиц сферической форме различной величины. Для выполнения работ в лабораторных условиях выбирается зерен смолы: –0,8 + 0,5 мм — для опытов на растворах и –1,2 + 0,8(0,6) мм — для работы на пульпе.

Количество поглощенного смолой золота определяют по изменению концентрации его в фильтрах до и после контакта с сорбентом, либо непосредственным анализом смолы.

Анализ растворов и смолы на золото и серебро рекомендуется проводить атомно-абсорбционным методом. Смолу после сушки и взвешивание сжигают в муфеле при 800—900 °С, а золу обрабатывают царской водкой (1:2÷4). Смолу на золото можно анализировать и пробирным методом. Для этого анионит пловят по шихте следующего состава, г: сода — 50; глет — 35; бура — 10; уголь — 0,5—1,0. Навеска анионита — 1—10 г. Необходимое количество серебра присаживают в шихту, в виде хлорного либо в вериблей в виде металлического.

При содержании золота в цианистых растворах до 2 г/м^3 удовлетворительной емкостью сорбента по золоту следует считать не менее 4—10 мг/г сухой смолы и не менее 20—30 мг/г при содержании золота более 2 г/м^3 цианистого раствора.

Изучение кинетики ионного обмена проводят в статических условиях на свежих и регенерированных анионитах путем контакта их [100 мг] с цианистым раствором [400 мл] в течение 0,5; 1; 2; 4; 6; 10; 16 и 24 ч.

Желательна высокая скорость реакции обмена анионов золота — $Au(CN)_{2-}$ как на свежих, так и на регенерированных анионитах особенно в течение первого часа сорбции. Резкое снижение кинетики сорбции золота на регенерированном анионите указывает на неудовлетворительную регенерацию сор-

бента. Сильноосновной анионит марка АМ и аниониты смешанной основности обладают удовлетворительной кинетикой сорбции золота; слабоосновной анионит АН-18 характеризуется худшей кинетикой сорбции (таблица).

Аниониты с высокими кинетическими данными позволяют значительно сократить объем сорбционной аппаратуры и единовременную загрузку ионита. Условия испытания анионита на механическую прочность. Объем пульпы — 1 л; навеска анионита АМ-2Б — 2—4 г на 1 л пульпы; крупность зерен анионита в набухшем состоянии — +0,8—1,2 мм, ж:т = 1,5÷2:1; степень изменения — 0,15 мм; продолжительность контакта смолы с пульпой — 24 ч.

По окончании процесса пульпы выгружают из аппарата, пропускают через сито 0,21 мм для отделения анионита от пульпы и отмывают сорбент водой от илов. С сита анионит переводят в чашу и рассевают его на 2 класса: –0,8+0,5 мм и –0,5+0 мм.

Класс –0,5 мм — безвозвратные потери анионита с обеззолоченной пульпой, за счет истирания зерен при сорбционном процессе.

В случае механически прочных анионитов количество кл. –0,5+0 мм не должно превышать 5—20 г на 1 т руды. Рассматривая зерна кл. –0,8 мм под бинокуляром можно установить причину изменения ситовой характеристики анионита. Целые зерна указывают на изменение нобухаемости анионита.

Десорбцию золото проводят кислыми растворами тиомочевинны с образованием в растворе катионного комплексе золота, либо щелочным растворам роданистого аммония, за счет ионного обмена. Оба элюента обеспечивают высокое извлечение золота, серебра (97—99%) и меди (92—97%). Десорбцию золота проводят в динамических условиях (в колонке) с последующим извлечением металла из алюатов электролизом, либо в процессе электроэлюирования, совмещая во времени и в одном аппарате элюирование и электролиз.

Электроэлюирование более эффективный процесс чем динамическое элюирование в колонках. Он позволяет сократить нужный объем элюента в 2,5—10 раз и продолжительность ионообменного процесса, а также достигнуть более высокого извлечения золота из смолы.

Условия десорбции золота с анионита АП-2 в колоннах. Состав элюента: 0,4—0,7 н $CS(NH_2)^+_2$ 0,7 н H_2SO_4 (0,5 н HCl) элюента: V смолы = 10:1; скорость фильтрации элюента — 100 мл в час; объем смолы — не менее 10 мл; $t_{элюента}$ — 50 °С.

Десорбция золота в процессе электроэлюирования

Для предупреждения анодного разложения тиомочевины электроэлюиро-

Кинетика сорбции золота на аниониты АН-18 и АМ. Состав исходного раствора: Au — 9,25 мг/л; CNaCN — 0,04%, концентрация защитной щелочи по CaO — 0,02%; концентрация смолы в растворе — 0,25 г/л

Продолжительность сорбции, час	Извлечение из растворов, %	
	АМ (6% ДВБ)	АН-18 (8% ДВБ) макропористый
1	42,7	—
4	81,1	27,1
6	84,4	43,2
8	97,6	50,9
12	98,0	53,0
24	99,0	89,0

вание следует проводить с использованием ионитовых диафрагм — мембран. Отличительными особенностями ионитовых мембран являются: небольшое электрическое сопротивления и высокое диффузионное сопротивление.

Состав электролита аналогичен применяемому для динамического элюирования в колонках.

Состав аналита — 0,6—0,7 н H_2SO_4; объем смолы — более 10 мл; катодная плотность тока — 10—20 а/м^2; уд. катодная поверхность (S_k) — 100 см^2/л электролита; катод — титан марки ВТУ-1; анод — графит марки ЭГО. Анионитовые мембраны из смолы ЭдЭ-10 (60%), армированные лавсаном, *V* электролита: *V* смолы = 5÷10:1, *t* электролита — 50 °С.

Продолжительность процесса 6—12 ч. Контактирование электролита со смолой в процессе воздушного перемешивания.

Из тиомочевинных растворов золото может быть извлечено также цементаций (Zn; Pb) или осаждением NaOH при pH 6,5—12.

Недостатком метода осаждения свинцовой и цинковой пылью является заметная растворимость металлов в тиомочевинных растворах, затрудняющая их оборот. Накопление в элюатах солей NaCl или Na_2SO_4 в количествах >100 г/л при осаждении золота NaOH заметно ухудшает десорбционную способность тиомочевинных растворов.

Регенерация анионита

Для регенерации анионита необходимо десорбировать со смолы не только золото, но и все металлы — примеси. Для десорбции металлов-примесей с анионита АП-2 рекомендуются следующие элюенты (в порядке проведения элюирования):

1) 0,4 н раствор HNO_3 или 0,7 н раствор H_2SO_4 элюента: *V* смолы = 7÷10:1, *t* элюента — 50—60 °С — для десорбции цианида, цинка и никеля;

2) 0,4—0,7 н $CS(NH_2)_2$ + 0,5 н HCl(0,7 н H_2SO_4) — для десорбции меди в процессе вымывания золота в вышеуказанных условиях;

3) 2 н NH_4NO_3 + 1÷1.5 н NH_4OH — для десорбции железа. Не полная регенерация смолы резко ухудшает кинетику сорбционного процесса и снижает емкость анионита по золоту при повторном использовании его с цикле сорбции.

Сорбционное выщелачивание, так же как и сорбция золота из пульпы, прошедшей процесс цианирования, наиболее просто можно осуществить в обычных механических мешалках или в бутылочном агитаторе, либо в конических чанах при пневматическом перемешивании пульпы. Отделение насыщенной смоль от отвальной пульпы производят грохочением.

Для пульпового процесса требуется смола с более крупными зернами (кл. +0,6÷0,8—1,2 мм) для облегчения отделения пульпы грохочением. При проведении опытов по сорбционному выщелачиванию устанавливается:

- сравнительная кинетика растворения золота в присутствии смолы и при обычном цианировании;
- оптимальная величина смолы на 1 м^3 пульпы

Количество стадий сорбции, необходимых для максимального насыщения смолы золотом из пульпы в головном аппарате и получения отвального содержания золота (<0,02 г/м^3) в хвостовом аппарате.

При переработке кварцевой руды (с содержанием Аи-4—16 г/т) без — фильтрационно-сорбционным методом по данной схеме с использованием анионита АМ — 2Б получены следующие результаты:

- извлечение золота из жидкой фазы до 99%;
- извлечение серебра из жидкой фазы до 92%;
- содержание золота в жидкой фазе отвальной пульпы — 0,02 г/л;

• емкость анионита по золоту 0,8—2,6% (в зависимого от содержания золота в жидкой фазе исходной цианистой пульпы);

• потери анионита до 10 г/т а сорбированного с ним золоте — 0,004—0,005 г/т исходного продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воробьев А. Е.*, *Гладуш А. Д.* Геохимия золота. Ресурсы и технологии России. — М.: Изд-во РУДН, 2000. — 432 с.
2. *Абрамов А. А.* Флотационные методы обогащения. — М.: Недра, 1984. — 383 с.
3. *Зеленов В. И.* Методика исследований золотосодержащих руд. — М.: Недра, 1978.
4. *Кадыров А. А.*, *Кадыров Н. А.*, *Ахмедов Х.* Интенсификация флотационного обогащения золотосодержащих руд поверхностно-активными веществами // Вестник ТашГТУ. — 2013. — № 4. — С. 157—160. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Бекпулатов Жавлон Мустафакулиевич — ассистент кафедры,
Ташкентский государственный технический университет
им. Ислама Каримова, Узбекистан, e-mail: tstu_info@mail.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 8, pp. 121–125.

UDC 622. (575 1)

Zh.M. Bekpulatov

APPLICATION TECHNIQUE FOR ION-EXCHANGE RESINS IN GOLD RECOVERY FROM ORE

Sorption of gold from ore pulp with the help of ion exchangers makes it possible to exclude from filtration, clarification of solutions, precipitation of gold by zinc dust and processing of sludges from technological processing schemes of ores. This technology makes it possible to obtain in factories a finished product with a noble metal content of 85—96%. Sorption leaching, as well as the sorption of gold from the pulp that has undergone the cyanidation process, can most easily be carried out in conventional mechanical agitators or in a bottle agitator or in conical vats with pneumatic stirring of the pulp. When processing quartz ore (with an Au-4-16 g/t content) without filtration-sorption method using this scheme with the use of anionite Am-2B, the following results were obtained: extraction of gold from the liquid phase up to 99%, extraction of silver from the liquid phase up to 92%.

Key words: Gold, tail, silver, ore, sorption, resin, gold, desorption, zinc, pulp, anionite.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-121-125

AUTHOR

Bekpulatov Zh.M., Assistant of Chair,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
100095, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: tstu_info@mail.ru.

REFERENCES

1. Vorob'ev A. E., Gladush A. D. *Geokhimiya zolota. Resursy i tekhnologii Rossii* (Gold geochemistry. Resources and technologies in Russia), Moscow, Izd-vo RUDN, 2000, 432 p.
2. Abramov A. A. *Flotatsionnye metody obogashcheniya* (Methods of mineral processing by flotation), Moscow, Nedra, 1984, 383 p.
3. Zelenov V. I. *Metodika issledovaniy zolotosoderzhashchikh rud* (Gold ore assaying procedure), Moscow, Nedra, 1978.
4. Kadyrov A. A., Kadyrov N. A., Akhmedov Kh. *Vestnik Tashkentskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013, no 4, pp. 157—160.