

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИХ ЦИАНИРОВАНИИ И СОРБЦИИ

Негматов С.С., Эрниезов Н.Б., Хурсанов А.Х., Негматова К.С., Бозоров Д., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Курбонов У.М., Раупова Д.Н.

Государственное учреждение «Фан ва тараккиёт» при ТашГТУ им. И. Каримова

Сорбция золота и серебра активными углями сопровождается окислительно-восстановительными процессами. Дицианоаурат-ионы, находящиеся в растворе, на поверхности угля преобразуются в цианокарбонилы и восстанавливаются до металлического золота.

Сорбция золота и серебра из цианистых растворов можно проводить как на активированном угле, так и на синтезированных ионообменных смолах.

Преимущества:

- высокая удельная поверхность угля;
- низкая стоимость угля, по сравнению с ионитом;
- процесс регенерации угля занимает мало времени (6-7 часов).

Однако главным недостатком углей является их низкая механическая прочность. Да и емкость по золоту у них значительно меньше, чем у тех же анионообменных смол [1].

Сорбцию благородных (золота и серебра) металлов ионообменными смолами можно осуществлять как из осветленных цианистых растворов, так и непосредственно из пульп в процессе цианирования.

Анионообменная смола АМ-2Б, обладает наибольшей селективностью по отношению к золоту, по сравнению с другими ионитами.

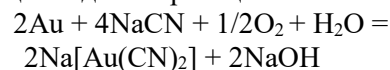
Первый способ предполагает извлечение золота из руды обычными приемами цианирования с тем лишь отличием, что извлечение золота из цианистого раствора осуществляют сорбцией его ионообменной смолой.

Второй способ состоит в том, что в контакт с ионообменной смолой приводят не осветленный золотосодержащий раствор, а непосредственно пульпу в процессе цианирования. Растворяясь в цианистом растворе, благородные металлы переходят в жидкую фазу пульпы и, одновременно сорбируются ионитом.

После окончания выщелачивания и сорбции смолу отделяют, а обеззолоченную пульпу направляют после обезвреживания в отвал. Насыщенный золотом ионит регенерируют десорбцией золота и примесей и вновь направляют на сорбционное выщелачивание.

Преимущества сорбции извлечения золота из пульп: Золото – рассеянный элемент, и его содержание в руде, как правило, невелико (обычно несколько грамм на тонну). Переработка руды с целью извлечения золота – видимо, самая трудная и ресурсоемкая стадия процесса его добычи. В данной работе мы рассмотрим один из наиболее распространенных методов извлечения золота – цианидный.

Цианирование занимает особое место в золотодобывающей промышленности и основано на способности золота, а также серебра, растворяться в слабых растворах щелочных цианидов по реакции:

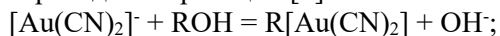


Относительная селективность растворителя, удачное сочетание процессов растворения и осаждения благородных металлов из цианистых растворов (цементация цинковой пылью, сорбция на ионообменных смолах и активированных углях и др.), простота аппаратного оформления и другие преимущества цианирования делают его весьма эффективным и производительным, обеспечивая возможность применения данной технологии не только к концентратам механического обогащения, но и к рядовым золотым рудам и даже к хвостам обогащения, содержащим 1-2 г/т золота и ниже. В 2000 году цианидный метод применялся при обработке 90-95% руд в мире, а доля металла, извлекаемого посредством цианирования, составляла 80-85% [2].

В промышленности наиболее часто используют совмещение процессов цианирования и сорбции, так называемого сорбционного выщелачивания [2].

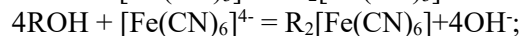
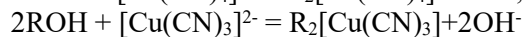
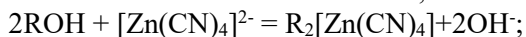
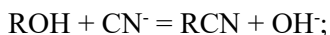
Для цианистого комплекса золота в качестве ионообменной смолы разработан на основе стирола и дивинилбензола бифункциональный макропористый анионный сорбент АМ-2Б. Он достаточно прочен, легко регенерируется, имеет высокую емкость и селективность. Расход смолы составляет 10-20 г/т. Противоионом в смоле является гидроксильный ион OH^- , который легко обменивается на золото-цианистый комплекс.

Взаимодействие цианистого комплекса со смолой проходит по реакции [3]:



где R - каркас ионита.

Извлечение золота из раствора определяется равновесной концентрацией его в растворе. Кроме золота на смоле собираются свободный цианид и цианистые комплексы других металлов.



Проведенные реакции снижают емкость смолы по золоту. На смоле также собираются анионы Cl^- , SO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Механизм ионообменного процесса имеет три стадии:

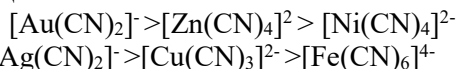
- диффузия поглощаемых ионов из раствора к зерну смолы;

- диффузия поглощаемых ионов в объем смолы от поверхности зерна ионита вглубь и вытесняемых ионов во встречном направлении;

- диффузия вытесняемых ионов от поверхности ионита в объем раствора.

Скорость процесса определяется либо скоростью диффузии в зерне ионита, либо скоростью диффузии через пленку раствора у поверхности зерна ионита. В реальных условиях скорость невелика, а продолжительность измеряется десятками часов. Вначале сорбируются анионные комплексы металлов, обладающие малым сродством к иониту (Fe, Cu, Ag); с увеличением продолжительности контакта они вытесняются анионными комплексами Au, Zn, Ni.

Для большинства анионитов порядок сорбции комплексных анионов металлов следующий:



Основной фактор, определяющий место аниона в этом ряду, величина энергии

гидратации иона: с ее уменьшением сродство аниона возрастает. Энергия гидратации зависит от заряда и радиуса иона: с уменьшением заряда и увеличением радиуса она уменьшается. Ряд сродства анионов металлов такой же, как и ряд сорбции [4].

Сорбционное выщелачивание проводят в агитаторах с пневматическим перемешиванием - пачуках. Перемешивание пульпы с иониитом осуществляется циркулятором. Для подачи пульпы в последующий аппарат, а смолы - в предыдущий служит аэролифт. Отделение смолы от пульпы происходит с помощью наклонно установленной сетки с отверстиями меньшего размера, чем размер зерен ионита, но большего, чем частицы руды [5-6].

Аэролифт подаёт пульпу на сетку; после разделения на сетке пульпа поступает по желобу в следующий аппарат. Гранулы смолы, оставшиеся на сетке, скатываются по ней в желоб и поступают в предыдущий пачук. В зависимости от объемов производства объем пачуков может быть до 500 м³.

При переработке золотосодержащих руд с рядовым содержанием металла (3-5 г/т) емкость насыщенного ионита находится в пределах 5-20 мг/г. Плотность пульпы в этом процессе 50-60 % твердого. Процесс ведут при концентрации цианида 0,0-0,02 %, т.е. значительно ниже, чем при других способах цианирования. Процесс ведут при pH 10-11. В качестве сорбента на предприятиях металлургической промышленности применяют макропористый бифункциональный анионит АМ-2Б, который имеет повышенную емкость и селективность к золотоцианистому комплексу, легко регенерируется, обладает высокой механической прочностью. Расход ионита 10-20 г на 1 т выщелачиваемой руды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврукова Л.С., Белова Т.П. Сорбционное извлечение ионов цветных металлов из многокомпонентных растворов катионитом КУ-2-8 и его зарубежными аналогами. Успехи современного естествознания. -2021. -№ 6. -С. 42-48.
2. Металлургия благородных металлов. Учебник для вузов / Масленицкий И. Н., Чугаев Л. В., Борбат В. Ф. и др./Под редакцией Чугаева Л. В.- 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1987, 432 с.
3. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии: справ. изд. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989 – 448 с.: ил.
4. Плаксин И.Н. Металлургия благородных металлов. -М.: Металлургиздат. 1943.
5. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2х томах. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999. Л. Т.2. 452 с. Табл.45, Ил.107, Прил.3, Библиогр.879 назв.
6. Джалилов А.Т, Аскарлов М.А, Мухитдинов М.А. «Механизмы образования и свойства полимеров». Издательства «ФАН» Узбекской ССР. Химия и технология молибдена и вольфрама. Тезисы и докладов IV всесоюзного совещания. Ташкент, 22-24 сентября 1980 г.

Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Теоретические и практические особенности различных эмульгирующих материалов и эмульсионных буровых растворов	224
Косимова М.Н. Технология получения разработанных композиционных материалов на основе местного сырья для крашения текстильных хлопчатобумажных материалов	226
Хаминов Б.Т. Вольфрам карбид кобальтли қаттиқ қотишма намуналарини зарбли абразив ейилишга бардошлигига ультрадисперс TiC кукуни микдорининг таъсирини аниқлаш	227
Анварова З.А., Султанов С.У. Разработка технологического процесса и режимов получения наполненных ацетатцеллюлозных композиций	228
Samadova L.Sh., Yakubov M.M., Yakubov O.M., Maksudxodjayeva M.S. “Olmaliq KMK” AJ rux zavodining texnogen chiqindisi bo‘lgan klinkerdan foydalanish samaradorligi	229
Abdullaeva Z.A., Jahonov F.H., Raximov X.N. Neft va gazni qayta ishlash sanoatida korroziyalanishni oldini oluvchi antikorrozion ingibitor olish	231
Талипов Н.Х., Каттаходжаев Дж.Ю. Исследование свойств гипсоалюмосиликатных композиционных вяжущих материалов	233
Анварова З.А. Разработка технологического процесса и режимов получения пленочных композиций из ди- и триацетатов целлюлозы	236
Худойбергенов Э.Х., Талипов Н.Х. Влияние твердого отхода содового завода на свойства гидроизоляционных отделочных материалов	237
Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Исследование и разработка состава композиционных эмульгаторов на основе местного сырья и отходов производств и изучение их физико-химических и технологических свойств	239
Бозоров Д., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Курбанов У.М. Методике для определения физико-химических свойств и флотационной способности разработанных композиционных химических флотарегентов	241
Анварова З.А., Султанов С.У. Практические и экономические аспекты разработанных пленочных, волокнистых и ацетатцеллюлозных композиций в производстве товаров народного потребления	243
Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Разработка научно-методических и технологических принципов получения композиционных гидрофобизирующих эмульсионных материалов из местного сырья и отходов производств	244
Бозоров Д., Негматов Ж.Н., Хурсанов А.Х., Курбанов У.М., Негматова К.С., Икрамова М.Э. Методика и устройства для проведения флотационных процессов медно-молибденовых руд	245
Негматов С.С., Эрниезов Н.Б., Хурсанов А.Х., Негматова К.С., Бозоров Д., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Курбанов У.М., Раупова Д.Н. Исследование процесса извлечение благородных металлов при их цианирование и сорбции	246
Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Разработка технологии получения композиционных гидрофобизирующих эмульсионных материалов на основе местного сырья и отходов производств и получение нефтеэмульсионных буровых растворов	248
Юбилей. Негматов Сойибжон Содиқович	250
Юбилей. Юлчиева Сурайё Бахромовна	252