

## ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ИЛОВОЙ ФРАКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМОЛЫ PUROGOLD НА ОАО «ПОКРОВСКИЙ РУДНИК»

Шапошникова Е.Э., Мансуров Ю.Н.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДФУ), Владивосток, katyushka-djap@mail.ru*

Предложены способы обработки рудных концентратов с малым содержанием благородных металлов, позволяющие увеличить извлечение золота, серебра и других сопутствующих элементов. Приведены результаты опытов, которые показали, что азотнокислый свинец положительно влияет на динамику извлечения благородных металлов при оптимальном времени обработки.

**Ключевые слова:** рудный концентрат, благородные металлы, азотнокислый свинец, выщелачивание

## HYDROMETALLURGICAL TECHNOLOGY OF EXTRACTION OF GOLD FROM FIR-TREE FRACTION WITH PUROGOLD PITCH USE ON JSC «POKROVSK MINE»

Shaposhnikova E.E., Mansurov Yu.N.

*Federal public autonomous educational institution of higher education «Far East federal university» (DVFU), Vladivostok, katyushka-djap@mail.ru*

Ways of processing of ore concentrates with the small content of the precious metals, allowing to increase extraction of gold, silver and other accompanying elements are offered. Results of experiences which showed are given that nitrate lead positively influences dynamics of extraction of precious metals at optimum time of processing.

**Keywords:** ore concentrate, precious metals, nitrate lead, leaching

Вопрос увеличения количества добываемого золота стоит перед государством на одном из первых мест и совершенствование методов и процессов извлечения золота из руд, снижение его себестоимости является важной государственной задачей. В настоящее время успешно решаются задачи более полного и комплексного извлечения драгоценных металлов из руд россыпных и коренных обедненных месторождений. По мере увеличения добычи золота приходится вовлекать в переработку более упорные руды с малым содержанием золота. Аналогичная ситуация сложилась на ОАО «Покровский рудник», где длительное время перерабатывают руду, которая, естественным образом становится все более бедной по содержанию золота, серебра и сопутствующих им элементов. Поэтому в данной работе была поставлена цель по поиску и внедрению технических решений, позволяющих увеличить добычу золота и серебра на названном руднике.

Для достижения цели была проведена переработка сырья на месте с применением технологий и методов извлечения благородных металлов [1].

Технология включает в себя цианирование и сорбционное выщелачивание, десорбцию и электролиз.

### 3.1. Цианирование и сорбционное выщелачивание

Слив гидроциклона с массовой долей твердого 33% поступает на барабанный грохот для щепоотделения и далее без сгущения – на предварительное цианирование. Необходимость щепоотделения связана с возможным забиванием дренажных сеток сорбционных аппаратов, что приводит к их неустойчивой работе. Так как растворы кучного выщелачивания поступают в цикл рудоподготовки, на фабрике реализован процесс измельчения руды в цианистой среде, что позволяет сократить продолжительность предварительного цианирования. В 1 пачук цианирования необходимо предусмотреть подачу крепкого раствора цианида натрия и известкового молока. Пульпа после предварительного цианирования поступает на сорбционное выщелачивание, в ходе которого происходит дорастворение золота из твердой фазы и сорбция растворенного золота на ионообменную смолу. Движение пульпы и смолы осуществляется в противоточном режиме. Насыщенная смола отделяется от пульпы на барабанном грохоте и поступает на концентрационный стол для отмывки от песков и далее – в отделение

регенерации. Хвостовая пульпа после контрольного грохочения на барабанном грохоте поступает на обезвреживание от цианидов. После обезвреживания пульпа посту-

пает в хвостохранилище. В табл. 1 приведены основные показатели цианирования и сорбционного выщелачивания.

**Таблица 1**  
Основные показатели цианирования и сорбционного выщелачивания иловой фракции

Наименование показателей	Значение показателей
1	2
Предварительное цианирование	
Удельный вес твердой фазы иловой фракции, г/дм <sup>3</sup>	2,55
Концентрация Au в жидкой фазе слива гидроциклона, мг/л	0,537
Содержание Au в твердой фазе слива гидроциклона, г/т	0,6
Массовая доля твердого в пульпе, %	33
Производительность по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	290
Продолжительность предварительного цианирования, ч	1,5
Количество аппаратов цианирования, шт.	2
Вместимость одного аппарата цианирования, м <sup>3</sup>	220
Тип аппарата	Пачук
Концентрация реагентов в 1 аппарате цианирования, г/л NaCN	0,25-0,30
Рн	10,3-10,4
Степень растворения Au в процессе цианирования от операции, %	30-35
Концентрация Au в жидкой фазе питания сорбции, мг/л	0,636
Содержание Au в твердой фазе питания сорбции, г/т	0,4
Сорбционное выщелачивание	
Массовая доля твердого в пульпе, %	31-32
Производительность по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	До 310
Продолжительность процесса, ч	7
Количество аппаратов сорбции, шт.	10
Необходимая вместимость одного аппарата сорбции, м <sup>3</sup>	220
Тип аппарата	Пачук
Размер отверстий дренажных сеток, мм	0,63×0,63
Расход воздуха на один аппарат сорбции, м <sup>3</sup> /мин	
Давление воздуха, Мпа	
Концентрация Au в жидкой фазе хвостов сорбции, мг/л	0,03
Суммарные потери Au с хвостами сорбции, г/т	0,16
Извлечение Au на смолу от руды, %	88,0
NaCN	0,2
рН	10,2-10,3
Рекомендуемый тип сорбента	Ионообменная смола Puogold
Крупность смолы, мм	Плюс 0,6
Насыпной вес смолы, г/см <sup>3</sup>	2,27
Емкость насыщенной смолы по Au, мг/г	0,95
Поток смолы, кг/ч (л/ч)	211 (до 500)
Продолжительность пребывания смолы в процессе сорбции, ч	120
Общая загрузка смолы в аппараты сорбции, м <sup>3</sup>	61,5
Загрузка смолы в один аппарат сорбции, %	~2,8
Потери смолы на 1 т руды, г	15-20

### 3.2. Десорбция и электролиз

Технологическая схема десорбции золота с насыщенной смолы включает следующие операции: отмывку смолы от щепы, обработку смолы раствором после электролиза (с целью вытеснения воды из колонны и частичной десорбции металлов-примесей (меди, серебра и цинка) и донасыщения смолы по золоту, десорбцию золота со смолы свежим щелочно-цианистым раствором, водную отмывку смолы от реагентов. Процесс регенерации проводится непрерывно, скорость перекачки смолы 0,5-0,55 м<sup>3</sup>/ч. К установке принимаются промывочные и регенерационные колонны вместимостью 15 м<sup>3</sup>.

Товарный регенерат направляется на электролитическое выделение металлов.

Регенерированная смолы возвращается на сорбцию. Промывная вода подкрепляется по концентрации реагентов и используется в цикле десорбции.

Электролиз золота из щелочно-цианистых растворов рекомендовано проводить в Проточном электролизере по патенту № 2286404 (от 22 марта 2005 г.) с самоосыпающимся катодным осадком конструкции Иргиредмета. Для удлинения срока эксплуатации катодов, выполненных из стальной сетки, товарный элюат подкрепляется по концентрации щелочи до 10 г/л.

Основные режимные параметры процесса регенерации смолы и электролиза представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Отмывка смолы от илов и щепы

Наименование показателей	Значение показателей
Производительность по смоле, т/сут. (м <sup>3</sup> /сут.)	5,45 (12,3)
Режим работы	Непрерывный
Влажность смолы, поступающей в колонну, %	50
Наименование показателей	Значение показателей
Производительность по смоле, т/сут. (м <sup>3</sup> /сут.)	5,45 (12,3)
Режим работы	Непрерывный
<b>Отмывка смолы от илов и щепы</b>	
Тип оборудования для отмывки угля от илов	Промывочная колонна
Объем воды на 1 м <sup>3</sup> смолы, м <sup>3</sup>	7,5
Температура, °С	20
Продолжительность, ч	15-20
Линейная скорость пропускания воды, м <sup>3</sup> /ч	7
Количество промывочных колонн	1
Вместимость колонны, м <sup>3</sup>	15

Сорбция с использованием смолы Ru-gold происходит таким способом. Измельчительного слив гидроциклона после щепоотделения на барабанном грохоте поступает на цианирование. Рекомендуемое оборудование для щепоотделения – барабанный грохот с площадью поверхности 15 м<sup>2</sup>. Прорешетный продукт грохота поступает на предварительное цианирование, надрешетный (щепы) – в хвостохранилище.

Цианирование руды осуществляется в пневматических аппаратах типа «Пачук», вместимостью 220 м<sup>3</sup> каждый (2 шт.). Транспортировка пульпы между аппаратами – при помощи эрлифтов. Несмотря на то, что цианирование руды начинается на операциях рудоподготовки за счет подачи в цикл измельчения растворов кучного выщелачивания, следует предусмотреть магистраль подачи известкового молока и креп-

кого раствора цианида натрия в 1 пачук цианирования.

Пульпа после предварительного цианирования с помощью эрлифта поступает в пачук сорбции. Конструкция аппаратов сорбции аналогична конструкции пачуков цианирования, аппараты снабжены дренажными устройствами с размером сетки 0,63 мм. Противоточное движение смолы осуществляется по желобам. Из хвостового пачука обезметалленная пульпа направляется на барабанный грохот в размер ячейки 0,4 мм, минусовой класс (хвосты сорбции) поступают на обезвреживание. Уловленная смола (плюсовой класса) возвращается на сорбцию (в хвостовой пачук).

Насыщенная смола из головного пачука сорбции непрерывно эрлифтом выводится на грохочение в барабанный грохот (поверхность грохочения 15 м<sup>2</sup>) с раз-

мером ячейки 0,63 мм, подрешетный продукт возвращается в головной пачук, а смола самотеком поступает на концентрационный стол для выделения песков. Т.к. содержание класса 0,3 мм в иловой фракции руды может доходить до 5%, операция выделения песков обязательна.

Для проведения процессов отмывки смолы от илов, вытеснения воды, десорбции и водной отмывки сорбента рекомендо-

вано однотипное нестандартное оборудование – регенерационные колонны диаметром 1,4 м и высотой 11,25 м (вместимость 15 м<sup>3</sup>) из углеродистой стали. Вода и растворы поступают в регенерационные колонны подогреваемыми до 60°С, для поддержания необходимой температуры в колоннах предусмотрены трубчатые теплообменники, через которые циркулирует вода из емкости горячей воды.

Таблица 3

Десорбция золота, электролиз, сушка катодных осадков

Десорбция золота	
Концентрация реагентов в элюенте, г/л	
NaCN	20
NaOH	5
Отношение объема раствора к объему смолы	4
Продолжительность, ч	30
Вместимость колонн, м <sup>3</sup>	15
Емкость насыщенной смолы, мг/г	
Золото	0,95
Серебро	0,4
Наименование показателей	Значение показателей
Емкость регенерированной смолы, мг/г	
Золото	0,05-0,1
Серебро	0,05
Извлечение металлов со смолы в цикле десорбции, %	
Золото	94,7-89,5
Серебро	87,5
<b>Электролиз</b>	
Производительность отделения по раствору, м <sup>3</sup> /ч (м <sup>3</sup> /сут.)	2,053 (до 50)
Концентрация Au в элюате, мг/л	До 90,0
Остаточная концентрация Au в растворе, мг/л	15,0
Производительность отделения по раствору, м <sup>3</sup> /ч (м <sup>3</sup> /сут.)	2,053 (до 50)
Концентрация Au в элюате, мг/л	До 90,0
Остаточная концентрация Au в растворе, мг/л	15,0
<b>Сушка катодных осадков</b>	
Масса катодных осадков, кг/сут.	7,3
Массовая доля золота в катодном осадке, %	50
Температура сушки, °С	200-250
Продолжительность, ч	2-3
Масса катодных осадков, кг/сут	7,3

После отмывки от песков насыщенная смола транспортируется в отделение регенерации в промывочную колонну. В колонне в режиме псевдооживленного слоя происходит отмывка смолы от илов, промывка направляется в пачуки сорбции.

Смола эрлифтом транспортируется в колонны десорбции. Причем в первую ко-

лонну подается раствор после электролиза для вытеснения транспортной воды и частичной десорбции цветных металлов. В последующих двух колоннах осуществляется процесс десорбции золота и цветных металлов.

После десорбции в одной колонне проводится отмывка смолы от реагентов.

Товарный регенерат собирается в емкость – отстойник для осаждения тонких осадков присутствующих в товарном элюате, и далее направляется в напорную емкость электролизера, вместимость которой обеспечивает полусуточной объем растворов. Осадок из отстойника периодически перекачивается на сорбцию.

Охлаждение элюатов перед электролизом не предусматривается. Для выделения золота рекомендованы нестандартные электролизеры ГЦН-250 С с площадью катодной поверхности 250 м<sup>2</sup>. Режим работы электролизера – проточный. Электролизер рекомендуется установить в укрытии кабинного типа с соблюдением требований сохранности металла. Контроль процесса обезметалливания осуществляется по концентрации золота на входе и выходе электролизера. Обезметалленный раствор собирается в приемной емкости и поступает на операцию вытеснения воды с насыщенной смолы.

Катодные осадки фильтруют на нутч-фильтре и после разгрузки фильтра помещают в противень из нержавеющей стали слоем высотой 40-50 мм, загружают в ка-

мерную печь, разогретую до температуры 80-100°C, нагревают ее вместе с материалом до температуры 200-250°C и выдерживают при этой температуре 2-3 ч. После сушки осадок выгружают из печи, охлаждают на воздухе, взвешивают и передают на хранение в ЗПК. Плавку сухих осадков осуществляют на ЗИФ Покровского рудника.

Пол под аппаратами отделения регенерации должен быть водонепроницаемым и иметь дренажные устройства, дренажи отделения регенерации и электролиза направляются на сорбцию.

В отделении десорбции и электролиза следует предусмотреть местную вытяжную вентиляцию, которая объединяет местные отсосы регенерационных колонн и электролизера.

#### Список литературы

1. Лодейщиков В.В. Извлечение золота из упорных руд и концентратов: учебник / В.В. Лодейщиков. М.: Недра, 1968. 208 с.
2. Андросов А.А. Технологические исследования сорбента PuroGold на ЗИФ ОАО «Покровский рудник»; 6-е изд. М.: Metallurgizdat, 1983. 206 с.
3. Захаров Б.А. Золото упорные руды: учебник. М.: Metallurgizdat, 1975. 389 с.