

А.С. Долотов, К.А. Григорьев, В.Н. Ковалев, С.Ф. Каплан
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАТНОГО ОСМОСА
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ
ХЛОРИД- И ЦИАНИД-ИОНОВ
В ТЕХНОЛОГИИ АВТОКЛАВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ
СУЛЬФИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Приведены результаты исследований многоступенчатой очистки оборотной воды методом обратного осмоса при переработке упорных золотосодержащих сульфидных концентратов. Экспериментально исследовано влияние хлорид- и цианид-ионов в очищенной воде на извлечение золота при последующей гидрометаллургической переработке.

Ключевые слова: обратный осмос, автоклавное окисление, упорные руды и концентраты, извлечение золота.

Амурский гидрометаллургический комбинат, запущенный в 2012 г., является первым и на данный момент единственным в России предприятием, использующем автоклавную технологию для переработки золотосодержащих концентратов (цикл РОХ-CIL). Применение автоклавного окисления (РОХ – Pressure Oxidation, 200–230 °С, парциальное давление O_2 3–10 бар) для вскрытия упорных

золотосодержащих сульфидных концентратов и последующего сорбционного цианирования (CIL – Carbon-in-Leach) требует большого количества воды. Вода необходима на всех стадиях гидрометаллургического процесса: для распулповки концентрата, как «острая вода» при охлаждении автоклава, для приготовления известнякового молока на стадии нейтрализации окисленной пульпы и т.д. Важным

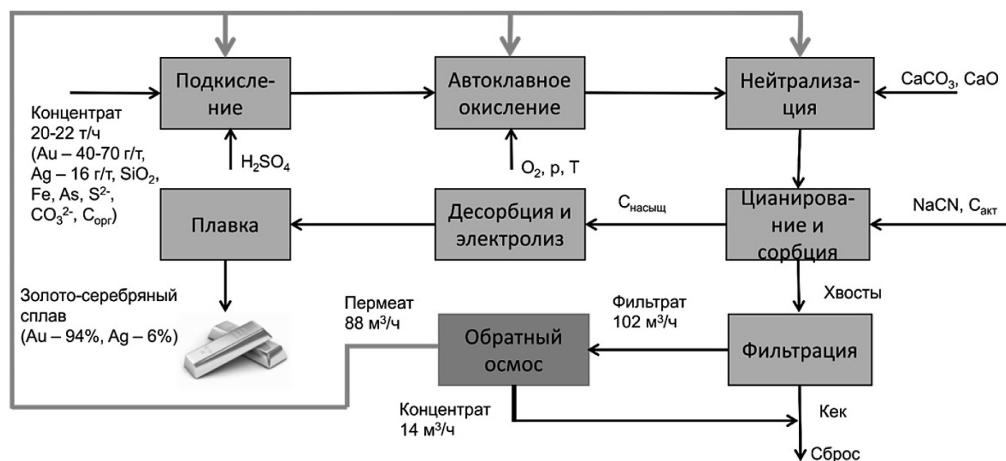


Рис. 1. Схема Амурского гидрометаллургического комбината

является сокращение сбросов предприятия и возврат максимального количества воды на производственные нужды. Схематическое изображение используемого на комбинате процесса представлена на рис. 1.

Обратный осмос – один из наиболее перспективных методов обработки воды. Использование обратного осмоса на стадии очистки производственной воды позволяет вернуть до 85% воды обратно в процесс.

Селективность данного метода очистки для некоторых ионов низка. Наибольшее внимание уделяется хлорид- и цианид-ионам, так как их присутствие при автоклавной переработке в сочетании с природными углеродистыми веществами, содержащимися в концентрате, может привести к потере золота в результате необратимой сорбции («прег-роббинг»).

Было проведено две серии экспериментов по очистке оборотного раствора методом обратного осмоса. В оборотный раствор перед обработкой дополнительно вводились NaCN и NaCl для обострения явления потерь золота. В первой серии использовалась добавка CN⁻ – 100 мг/л, во второй – CN⁻ – 500 мг/л, Cl⁻ – 500 мг/л. Для каждой серии была проведена шестистадийная

очистка полученного раствора с использованием лабораторной установки обратного осмоса Шарья-100М.

Также была проведена сравнительная серия экспериментов, в которой вместо каждой из стадий обратного осмоса оборотный раствор с добавкой CN⁻ и Cl⁻ по 500 мг/л подвергался двукратному разбавлению.

Пермеат после каждой из стадий обработки оборотной воды использовался для распульковки концентрата перед автоклавированием. Окисленная в автоклаве пульпа подвергалась нейтрализации известняковым молоком и CaO, после чего проводили стандартное цианирование с активным углем. Оценивали содержание золота в кеке и сравнивали его с контрольным опытом.

По результатам серии экспериментов проведена математическая обработка полученных данных и построена зависимость извлечения золота от концентрации цианид и хлорид-ионов при совместном их присутствии. Графическое отображение полученных результатов представлено на рис. 2.

Присутствие ионов CN⁻ и Cl⁻ в оборотной воде оказывает значительное отрицательное влияние на извлечение золота при последующей гидрометал-

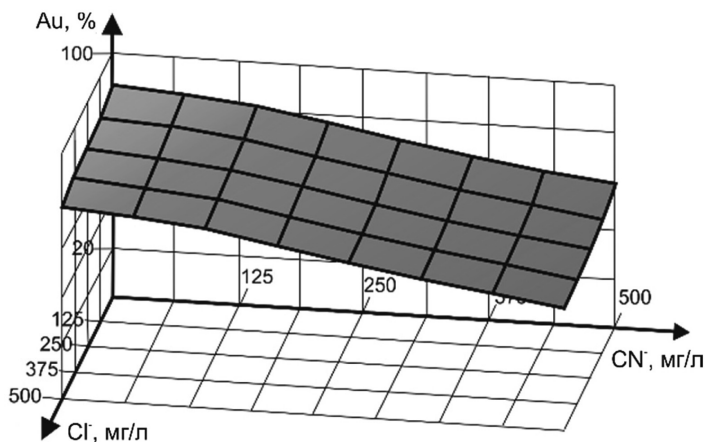


Рис. 2. Зависимость извлечения золота от концентрации цианид- и хлорид-ионов при их совместном присутствии в оборотной воде перед РОХ

лургической переработке (в цикле РОХ-СЦЛ). При высоких концентрациях CN^- и Cl^- (по 500 мг/л) извлечение золота снижается с 89,4% до 42%. После шести ступеней очистки такой воды методом обратного осмоса удается достичь извлечения Au 84,7%.

Одновременно такой вариант очистки позволяет поддерживать очень высокий коэффициент возврата воды в гидromеталлургический цикл (0,85), что делает возможным организацию цикла N-ZLD (Near-Zero Liquid Discharge, околонулевой жидкий сток).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филянин Г.А., Воробьев-Десятовский Н.В. Амурский гидromеталлургический комбинат – ключевой элемент перерабатывающего узла ОАО «Полиметалл» на Дальнем Востоке // Цветные металлы. – 2014. – № 6.
2. Рандольф Р. Что делать со сточными водами / пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1987.
3. Водоподготовка / Под ред. С.Е. Беликова. – М.: Аква-Терм, 2007.
4. Radtke A.S., Scheiner B.J. Studies of hydrothermal gold deposition: (I) Carlin gold deposits, Nevada: the role of carbonaceous ma-

terials in gold deposition. *Economic Geology*. 65. 1970.

5. Philip A. Schmitz. Adsorption of aurocyanide complexes onto carbonaceous matter from preg-robbing Goldstrike ore/ Saskia Duyvesteyn, William P. Johnson, Larry Enloe, Jacques McMullen // *Hydrometallurgy*. 61. 2001.

6. Smith G.C. Discussion of refractory ore, Carlin Gold Mining, unpublished report, Feb. 20. 1968. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Долотов А.С.¹ – аспирант, СПбТИ (ТУ), инженер, e-mail: DolotovAS@polymetal.ru,

Григорьев К.А.¹ – магистр химии, инженер, e-mail: Grigoriev@polymetal.ru,

Ковалев В.Н.¹ – к.т.н., начальник лаборатории, e-mail: Kovalev@polymetal.ru,

Каплан С.Ф.¹ – к.х.н., ведущий инженер, e-mail: Kaplan@polymetal.ru,

¹ АО «Полиметалл инжиниринг», 198216, г. Санкт-Петербург.

UDC 669.2/.8.053.4

THE USE OF REVERSE OSMOSIS TO REDUCE THE CONCENTRATION OF CHLORIDE AND CYANIDE IONS IN AUTOCLAVE TECHNOLOGY FOR PROCESSING REFRACTORY GOLD-BEARING SULPHIDE CONCENTRATES

Dolotov A.S.¹, Graduate Student, St. Petersburg State Technological Institute (Technical University),

190013, Saint-Petersburg, Russia, Engineer, e-mail: DolotovAS@polymetal.ru,

Grigoriev K.A.¹, Master of Chemistry, Engineer, e-mail: Grigoriev@polymetal.ru,

Kovalev V.N.¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: Kovalev@polymetal.ru,

Kaplan S.F.¹, Candidate of Chemical Sciences, Leading Engineer, e-mail: Kaplan@polymetal.ru,

¹ JSC «Polymetal Engineering», 198216, Saint-Petersburg, Russia.

The results of research multistage reverse osmosis purification of recycled water in the processing of refractory gold-bearing sulphide concentrates in paper. The influence of cyanide and chloride ions in the treated water in the gold recovery in the subsequent hydrometallurgical processing is studied experimentally.

Key words: reverse osmosis, pressure oxidation, refractory ores and concentrates, gold recovery.

REFERENCES

1. Filyanin G.A., Vorob'ev-Desyatovskii N.V. *Tsvetnye metally*. 2014, no 6.
2. Randol'f R. *Chto delat' so stochnymi vodami*, per. s nem (What should be done with waste water. German-Russian translation), Moscow, Stroiizdat, 1987.
3. *Vodopodgotovka*. Pod red. S.E. Belikova (Water conditioning. Belikov S.E. (Ed.)), Moscow, Akva-Term, 2007.
4. Radtke A.S., Scheiner B.J. Studies of hydrothermal gold deposition: (I) Carlin gold deposits, Nevada: the role of carbonaceous materials in gold deposition. *Economic Geology*. 65. 1970.
5. Philip A. Schmitz. Adsorption of aurocyanide complexes onto carbonaceous matter from preg-robbing Goldstrike ore. Saskia Duyvesteyn, William P. Johnson, Larry Enloe, Jacques McMullen. *Hydrometallurgy*. 61. 2001.
6. Smith G.C. Discussion of refractory ore, *Carlin Gold Mining*, unpublished report, Feb. 20. 1968.