УДК 669.213.634

Д.В.ГРАДОВ, *аспирант, gradov-dmitrii@mail.ru*
В.М.СИЗЯКОВ, *д-р техн. наук, профессор, kafmetall.yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
М.НЕУВОНЕН, *магистрант, marja.neuvonen@lut.fi*
Лаппеенрантский технологический университет, Финляндия

D.V.GRADOV, *post-graduate student, gradov-dmitrii@mail.ru*
V.M.SIZYAKOV, *Dr. in eng. sc., professor, kafmetall.yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
M.NEUVONEN, *undergraduate student, marja.neuvonen@lut.fi*
Lappeenranta University of Technology, Finland

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА НА ТИОСУЛЬФАТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА

Исследования по разработке экономически обоснованной замены цианирования золотоносных руд весьма актуальны для ведущих ученых. После множества серьезных инцидентов на производстве некоторые страны запретили добычу золота с помощью цианирования. Экологическая безопасность – одна из причин инициирования разработки менее токсичного агента для выщелачивания золота.

Одним из наиболее перспективных заменителей цианида является тиосульфат. Помимо его низкой токсичности он также подходит для обработки упорных сульфидных и углеродосодержащих руд. В работе представлены серии экспериментов по исследованию влияния предварительного окисления руды на последующее выщелачивание.

Ключевые слова: окисление, выщелачивание, тиосульфат, золото.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CONCENTRATE OXIDATION ON THIOSULFATE GOLD LEACHING

More and more attention is paying to research of feasible cyanide alternative leaching techniques due to increasingly growing concern to Mother Nature. After some serious cyanide accidents some countries have campaigned to ban cyanide in gold mining industry. Political alignments and concern about environmental have been reasons to find good and less-toxic alternatives to cyanide.

One of the most promising leach reagents is stated to be thiosulphate because of its benign properties. Moreover it is suitable for sulphide and carbonaceous ores which present a problem for cyanidation.

In the present paper number of experiments on research of thiosulphate leaching kinetic study as well as pretreatment of gold concentrate by wet oxidation with following leaching tests is presented.

Key words: oxidation, leaching, thiosulphate, gold.

Введение. Первые упоминания о способности получения золота путем его растворения из золотоносных руд тиосульфатом появились в начале XX в. Способ получения золота и серебра путем обработки руды тиосульфатным раствором после предварительного обжига с добавлением хлора называется процессом Фон Патера [2]. Значительное усовершенствование процесса было сделано в 80-х годах XX в. за счет добав-

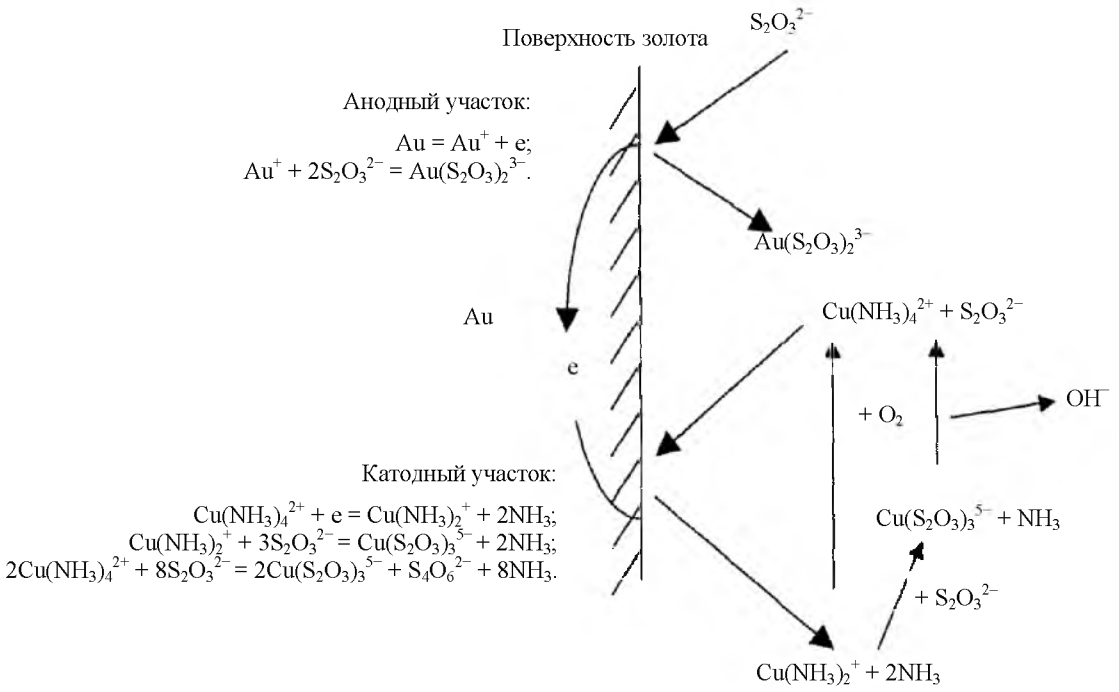


Схема протекания процесса выщелачивания золота с использованием тиосульфата

ления ионов меди и стабилизации тиосульфата путем добавления диоксида серы или бисульфита.

С целью предотвращения нежелательного образования слоев сульфида меди и элементарной серы на поверхности частиц золота первоначально тиосульфатное выщелачивание было решено проводить в автоклаве при высоком давлении и температуре. Позднее был открыт способ перевода золота в раствор при атмосферном давлении в присутствии ионов аммония и меди, возобновивший интерес исследователей.

Такие элементы как цинк, медь, никель, мышьяк, сурьма напрямую или опосредованно затрудняют процесс цианирования. Кроме того, углистые руды, обладая повышенной, природной сорбционной емкостью к растворенному золоту, снижают эффективность цианирования [1]. Эти отрицательные факторы отсутствуют в разработанном тиосульфатном выщелачивании.

Тиосульфатное выщелачивание выполняется в тиосульфатном растворе в присутствии аммония и меди, а также подачи кислорода. Золото формирует прочный анионный комплекс с тиосульфатом согласно следующей реакции [3]:

$$2Au + 0{,}5O_2 + 4S_2O_2^{3-} + H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow 2Au(S_2O_2)^{3-} + 2OH^-.$$

Во множественных публикациях процесс тиосульфатного выщелачивания представляет собой электрохимическую реакцию окисления золота с образованием анионного ауротиосульфатного комплекса, с одной стороны, и восстановление двухвалентной меди $Cu(NH_3)_4^{2+}$ до одновалентной $Cu(S_2O_3)_3^{5-}$, с другой. Механизм протекания процесса представлен на рисунке [2].

Для того чтобы перевести Cu(I) в первоначальное состояние Cu(II), необходим кислород. Без кислорода в щелочной среде ионы двухвалентной меди в водном растворе аммония окисляют тиосульфатные ионы вначале до тетратионатных ионов. Затем происходит реакция разложения с образованием тритионатных и тиосульфатных ионов при участии тиосульфатных ионов, выступающих в качестве катализатора [2].

В рамках программы международного сотрудничества между Горным университетом и Лаппеенрантским технологическим университетом проводятся исследования по совершенствованию тиосульфатного выщелачивания золота.

Результаты предварительного окисления

Номер опыта	Исходный материал		Тип и расход газа, л/мин	Содержание компонентов, г/кг			
				Au (0,0113)	Ag (0,09)	S (340)	Fe (356)
1	$C(NH_3)$ $C(Cu^{2+})$ C(NaOH)	0,2 М 0,0125 М 0,075 М	0,6 (воздух)	0,0111	0,09	302	334
2	$C(NH_3)$ $C(Cu^{2+})$ C(NaOH)	0,2 М 0,0157 М 0,05 М	0,4 (кислород)	0,0112	0,086	264	298
3	$C(NH_3)$ C(NaOH)	0,2 М 0,125 М	0,4 (кислород)	0,0109	0,089	316	342
4	$C(H_2O_2)$ C(NaOH)	0,2 М 0,125 М	0,6 (воздух)	0,0111	0,089	320	334

Экспериментальная часть. В качестве исходного материала для выщелачивания был взят золото-серебряный концентрат, преимущественно составленный из пирита и арсенопирита, предоставленный в рамках международного сотрудничества одной европейской коммерческой организацией. Состав исходного материала следующий, г/т: Au 11,3; Ag 90; FeS_2 494000; FeAs 277000.

Была проведена серия экспериментов по исследованию влияния предварительной обработки окислением исходного материала, содержащего золото, для удаления примеси серы и железа (см. таблицу).

Выводы

Наилучшие результаты предварительного окисления были получены в опыте 2 (см. таблицу), что объясняется более высоким расходом окислителей (кислород, двухвалентная медь). Содержание серы и железа после обработки сократилось на 22,4 и 16,3 % соответственно. На данный момент эксперименты с предварительным окислением не принесли серьезных результатов, хотя потенциальная возможность интенсификации стадии тиосульфатного выщелачивания прослеживается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Полкин С.И.* Процессы минерализации руд цветных металлов / С.И.Полкин, А.В.Адамов. 1983. С.249-282.

2. *Aylmore M.G., Muir D.M.* Thiosulphate leaching of gold – a review // Minerals Engineering. 2001. Vol.14. N 2. P.135-174.

3. *Hilson G., Monhemius A.J.* Alternatives to cyanide in the gold mining industry: what prospects for the future? // Journal of cleaner production. 2006. N 14. P.1158-1167.

REFERENCES

1. *Polkin S.I., Adamov A.V.* Mineral processing of non-ferrous metals ores. Moscow, 1983. P.249-282.

2. *Aylmore M.G., Muir D.M.* Thiosulphate leaching of gold – a review // Minerals Engineering. 2001. Vol.14. N 2. P.135-174.

3. *Hilson G., Monhemius A.J.* Alternatives to cyanide in the gold mining industry: what prospects for the future? // Journal of cleaner production. 2006. N 14. P.1158-1167.