

**ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ РАЗРАБОТАННОГО СПОСОБА  
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ХВОСТОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ФАБРИК  
Самадов А.У.<sup>1</sup>, Шоназарова Ш.И.<sup>2</sup> Email: Samadov689@scientifictext.ru**

<sup>1</sup>Самадов Алишер Усмонович - доктор технических наук, доцент,  
кафедра химической технологии,  
директор филиала;

<sup>2</sup>Шоназарова Шахноза Исакуловна - ассистент,  
кафедра химической технологии,  
Алмалыкский филиал

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,  
г. Алмалык, Республика Узбекистан

**Аннотация:** изобретение относится к области гидрометаллургии благородных металлов и может быть использовано для извлечения золота из хвостов золотоизвлекательных фабрик. Задачей изобретения является дополнительное извлечение золота из хвостов руд и продуктов обогащения в товарную продукцию за счет снижения сорбционной активности твердой фазы путем повышения температуры пульпы. Сущность процесса цианирования заключается в том, что измельченный рудный материал, содержащий золото, приводится в соприкосновение с раствором цианида натрия, под действием которого золото из руды переходит в раствор.

**Ключевые слова:** хвост, фракционный состав, переработка, шлак, дробление, цианирование.

**INDUSTRIAL IMPLEMENTATION OF THE DEVELOPED METHOD FOR  
EXTRACTING GOLD FROM TAILINGS GOLD MINING FACTORIES**

**Samadov A.U.<sup>1</sup>, Shonazarova Sh.I.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Samadov Alisher Usmonovich - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
Director of Branch;

<sup>2</sup>Shonazarova Shakhnoza Isakulovna - Assistant,  
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING  
ALMALYK BRANCH

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV,  
ALMALYK, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Abstract:** the invention relates to the field of hydrometallurgy of precious metals and can be used to extract gold from the tailings of gold-extracting factories. The purpose of the invention is to further extract gold from the tailings of ores and enrichment products into commercial products by reducing the sorption activity of the solid phase by increasing the pulp temperature. The essence of the cyanidation process is that the crushed ore material containing gold is brought into contact with a solution of sodium cyanide, under the action of which the gold from the ore passes into the solution.

**Keywords:** tail, fractional composition, processing, slag, crushing, cyanide.

В настоящее время в мире по извлечению полезных компонентов из забалансовых руд золота и меди, а также техногенных отходов по ряду приоритетных направлений проводятся исследования, в том числе: кучное выщелачивание за балансовых золотосодержащих и медных руд; биотехнологический способ переработки отвалов сульфидных руд; переработка клинкера цинкового производства электрохимическим способом; переработка лежалых хвостов гидрометаллургических заводов; переработка шлаков пирометаллургических заводов; повышение количества выпуска продукции в результате обогащения руд и переработке отходов золотоизвлекательных фабрик.

Для определения степени регенерации фтористого аммония образовавшегося в процессе выделения гексофтора силиката аммония (ГФСА) составлен материальный баланс процесса отделения [1], представленный в таблице 1.

Таблица 1. Материальный баланс процесса отделения ГФСА

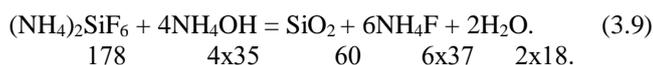
Наименование	Приход, кг	Наименование	Расход, Кг
Хвосты	100	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> ,	187,8
Кварц	63,3	NH <sub>3</sub>	71,7
Вода	2	вода	38 +2
NH <sub>4</sub> F	234,2		
Прочие	34,7	прочие	34,7

Всего:	334,2	Всего	334,2
--------	-------	-------	-------

В табл. 2 приведены молекулярные веса используемых и образующих веществ в процессе протекания реакции.

Таблица 2. Молекулярные веса используемых и образующих веществ

Наименование	Молекулярный вес, гр.
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	178
NH <sub>4</sub> OH	35
NH <sub>4</sub> F	37
SiO <sub>2</sub>	60
NH <sub>3</sub>	17
H <sub>2</sub> O	18
NH <sub>4</sub> HF	57
NH <sub>4</sub> HF • H <sub>2</sub> O	75



Определяем количество воды, необходимое для растворения NH<sub>4</sub>F (в 100 г воды при 25<sup>o</sup>C растворяется 85 гр. NH<sub>4</sub>F [2].

$$261,17 + 222 = 483,17 \text{ мл.}$$

Необходимое количество аммиака для реакции.  $X_1 = 184 \times 140 / 178 = 144,7$  мл при 100% концентрации.

При 15% аммиака необходимо.

$$X_{12} = 100 \times 144,7 / 15 = 964,6 \text{ мл (гр.).}$$

Брали 100 гр. навески ГФСА, концентрация продажного аммиака соответствует 24%, для проведения реакции необходимо 24% раствор аммиака.

$$140 - X$$

$$24 - 100;$$

$$X_3 = 583,3 \text{ мл.}$$

В нашем случае используется 15% раствор аммиака. Необходимое количество аммиака для 178 гр. равно  $X = 933,4$  мл, для 100 гр. необходимо.

$$178 - 933,3 \text{ мл.}$$

$$100 - X;$$

$$X = 524,3 \text{ мл.}$$

Для полного проведения реакций на 100 гр. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> необходимо 24% раствор аммиака

$$178 - 583,3 \text{ мл.}$$

$$100 - X;$$

$$X = 325,88 \text{ мл.}$$

Значит, для полного проведения реакций (3) необходимо 325,8 мл. 24% раствора аммиака, при использовании 15% раствора 524,3 мл. аммиака.

При этом в растворе содержание NH<sub>4</sub>F равно.

$$X_2 = 184 \times 222 / 179 = 228,2 \text{ гр.}$$

Согласно реакции 3 образуется вода в количестве.

$$X_3 = 37,2 \text{ г.}$$

Общее количество воды составляет.

$$964,6 - 144,7 = 819,9 \text{ мл.}$$

$$819,9 + 37,2 = 857,1 \text{ мл.}$$

При этом образуется SiO<sub>2</sub>.

$$X_4 = 62,02 \text{ гр.}$$

В табл. 3 приведены материальный баланс получения диоксида кремния

Таблица 3. Материальный баланс получения диоксида кремния

Наименование	Приход, кг	Наименование	Расход, кг
15% NH <sub>4</sub> OH	964,6	H <sub>2</sub> O	857,1
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	184	NH <sub>4</sub> F	228,2
		SiO <sub>2</sub>	62,2
Всего	1148,6	Всего	1147,32

При фильтровании образовавшегося оксида кремния мы получим осадок с 10% влагой  $62,02+6,202 = 68,222$  гр. влажного осадка.

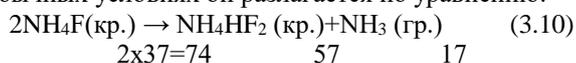
Концентрация водного раствора  $\text{NH}_4\text{F}$  будет  $228,2+857,1=1085,3$ .

$[c] = 100 \times 228,2 / 1085,3 = 21,147 = 21,2\%$ .

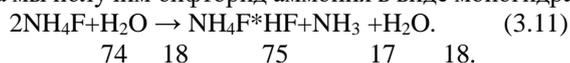
Выпаривание водных растворов  $\text{NH}_4\text{F}$  приводит к его разложению. Температура кипения и состав растворов постоянно меняется. Даже в конце выпаривания концентрат, кроме  $\text{NH}_4\text{HF}_2$ , содержит  $\text{NH}_4\text{F}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Полное превращение и обезвоживание  $\text{NH}_4\text{F}$  соответствует полному выкипанию  $\text{NH}_4\text{HF}_2$ , то есть, не может быть достигнуто в ходе обычного выпаривания.

При обычных условиях плотность  $\text{NH}_4\text{F}$  равна  $1,002$  г/см<sup>3</sup>.

Плавление  $\text{NH}_4\text{F}$  возможно только под давлением (в области низких давлений точка плавления близка к  $240^\circ\text{C}$ ). При нагревании в обычных условиях он разлагается по уравнению:



При выпаривании раствора мы получим бифторид аммония в виде моногидрата.



Поскольку в нашем растворе содержание  $\text{NH}_4\text{F}$  равно  $228,2$  г из него получим  $231,28$  соль в виде моногидрата. Количество воды в полученном соли =  $55,5$  мл.

Необходимое количество упариваемой воды.

$850,9 - 55,5 = 795,4$  мл.

Количество аммиака, который образовался при получении соли =  $52,42$  мл.

Материальный баланс получения бифторида аммония представлен в табл. 4.

Таблица 4. Материальный баланс получения бифторида аммония

Наименование	Приход, кг	Наименование	Расход, кг
$\text{NH}_4\text{F}$	228,2	$\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF} \cdot \text{H}_2\text{O}$	231,28
$\text{H}_2\text{O}$	850,9	$\text{H}_2\text{O}$	795,4
		$\text{NH}_3$	52,42
Итого:	1079,1	Итого:	1079,1

Полученный бифторид аммония используется для повторного фторирования. Дальнейшее фторирования происходит по уравнению (3.2).

**Определение выхода диоксида кремния.** При этом воспользуемся выше приведенным уравнением. В результате взаимодействия раствора гексафторосиликата аммония с аммиачной водой образуется диоксид кремния. Для более полного протекания процесса необходимо перемешивание.

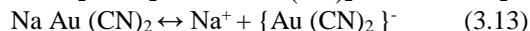
При проведении опытов применен 15% аммиачный раствор с плотностью  $0,9390$  г/см<sup>3</sup>, расход которого составляет  $524,3$  мл 15% раствора аммиака на  $100$  гр. гексафторосиликата аммония. Перемешивают  $1$  час, после чего фильтруют, осадок промывают трижды по  $100$  мл и промывные воды смешивают с фильтратом. Осадок сушат при  $150^\circ\text{C}$  и прокалывают при  $700^\circ\text{C}$  после охлаждения взвешивают. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5. Экспериментальные определения выхода диоксида кремния

Наименование	Опыты				
	1	2	3	4	5
$(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ , г	100	100	100	100	100
$\text{SiO}_2$ , г	34	35	33,7	34	34

**Цианирование вторичных кеков.** Данный продукт после обескремневания подвергался цианированию с целью выделения из него драгметаллов.

В присутствии кислорода растворение протекает по следующей реакции:



Опыты по цианированию вторичных кеков проведены в лаборатории Чадакской ЗИФ, в склянках с перемешивателем закрытого типа емкостью  $0,75$  л. Концентрацию цианистого натрия и защитной щелочи определяли титрованием раствором азотнокислого серебра в присутствии индикаторов. Перемешивание осуществляли на механической мешалке с подачей воздуха из компрессора.

Условия проведения цианирования кеков.

навеска  $100$  г,  
отношение Т;Ж  $1:2$ ,

концентрация цианида 0,4%,  
остаточная концентрация извести (по Ca(OH)<sub>2</sub>) 0,02%,  
продолжительность цианирования 18 часов.

Из-за отсутствия ламп, предназначенных для определения содержания серебра, данные по серебру в растворах отсутствуют. Результаты цианирования вторичных кеков приведены в табл. 6.

Таблица 6. Результаты цианирования вторичных кеков.

Проба № 1 Лаб. № 947

Наименование продукта	Вес, г, мл	Содержание Au, г/т	Содержание Ag, г/т	Извлечение Au, %	Извлечение Ag, %
Исходная	100	1,2	13,0	99,9	99,9
кек, г/т	100	Сл	сл	99	99
раствор, мг/л		0,29			

Проба № 2 Лаб. № 948

Наименование продукта	Вес, г, мл	Содержание Au, г/т	Содержание Ag, г/т	Извлечение Au, %	Извлечение Ag, %
Исходная	100	1,2	17,0	99,9	99,9
кек, г/т	100	Сл	Сл	99	99
раствор, мг/л		0,26			

Таким образом, для определения степени регенерации фтористого аммония образовавшегося в процессе выделения гексофтора силиката аммония составлен материальный баланс процесса на основе которого предложена технологическая схема получения диоксида кремния.

#### Список литературы / References

1. Эрназаров М., Самадов А.У., Раимжанов Б.Р., Санакулов У.К. Разработка технологии комплексной переработки хвостовых отвалов золотоизвлекательных фабрик. Международная научно-техническая конференция “Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли.” Сборник научных статей. Ташкент, 2014. С. 156-159.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. 5-е изд. перераб. и доп. М.: Химия, 1979. 480 с.