ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ЗОЛОТА ЦИАНИРОВАНИЕМ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД АНГРЕНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

С.И. Аминжанова
доцент кафедры Горное дело ТГТУ
Ж.М. Бекпўлатов
DSc доцент кафедры Горное дело ТГТУ
И.К. Умарова
к.х.н. доцент кафедры Горное дело ТГТУ

Аннотация. В данной исследовательской работе изучена эффективность переработки золотосодержащих руд, относящихся к Ангренскому рудному полю, гидрометаллургическим методом — процессом цианирования. В ходе работы были определены минералогический состав, физико-химические свойства руд, степень их дробления, а также оптимальные технологические условия цианирования. На основе лабораторных испытаний были проанализированы результирующие показатели экстракции и оптимизированы ключевые факторы процесса экстракции золота (концентрация цианида, уровень pH раствора, время и температура). Полученные результаты легли в основу разработки рекомендаций по применению в промышленных масштабах. Результаты исследований позволяют повысить эффективность выделения золота и выбрать экономически выгодные технологические режимы.

Kalit so’zlar: boyitish, sianlash, texnologik jarayon, ajralish, moddiy tarkib, gravioboyitma, flotoboyitma, nodir metallar, sorbsiya, kek, sulfid.

Аннотация. В данной исследовательской работе изучена эффективность переработки золотосодержащих руд, относящихся к Ангренскому рудному полю, гидрометаллургическим методом — процессом цианирования. В ходе работы были определены минералогический состав, физико-химические свойства руд, степень их дробления, а также оптимальные технологические условия цианирования. На основе лабораторных испытаний были проанализированы результирующие показатели экстракции и оптимизированы ключевые факторы процесса экстракции золота (концентрация цианида, уровень pH раствора, время и температура). Полученные результаты легли в основу разработки рекомендаций по применению в промышленных масштабах. Результаты исследований позволяют повысить эффективность выделения золота и выбрать экономически выгодные технологические режимы.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: обогащение, цианирование, технологический процесс, извлечение, вещественный состав, вкрапленность, гравиоконцентрат, флотоконцентрат, благородные металлы, сорбция, кек, сульфид.

Annotation. In this research work, the effectiveness of the processing of gold containing ores belonging to the Angren ore field through the hydrometallurgical method-cyanidation process was studied. During the work, the mineralogical composition, physico-chemical properties of the ores, the degree of grinding and the optimal technological conditions for cyanidation were determined. On the basis of laboratory tests, the indicators of the resulting extraction were analyzed and the main factors of the gold extraction process (cyanide concentration, solution pH, time and temperature) were optimized. The results obtained formed the basis for the development of recommendations for application on an industrial scale. The results of the study make it possible to increase the efficiency of gold separation and choose economically favorable technological regimes.

Keywords: enrichment, cyanidation, technological process, extraction, material composition, inclusions, gravel concentrate, flotation concentrate, precious metals, sorption, cake, sulfide.

Введение.

Золотосодержащие руды месторождений Узбекистана различаются по своему вещественному составу и характеру ассоциации золота с минеральными компонентами. В связи с истощением легко цианируемых окисленных золотосодержащих месторождений актуальной становится проблема вовлечения в переработку сульфидных золотосодержащих руд.

Обекты и методы исследований. Объектом исследования является пробы золотосодержащих руд месторождений Кочбулак, Кызылалма и Самарчук. Предметом исследования является разработка эффективной технологии обогащения золотосодержащих руд с включением процесса цианирования.

Цианирование исследуемых проб осуществлялось в открытых склянках на бутылочном агитаторе конструкции АО «ИРГИРЕДМЕТ». Навеску материала массой 50-200 г помещали в склянку, заливали водным раствором цианистого натрия заданной концентрации, добавляя необходимое количество защитной щелочи. Контроль за процессом проводился путем определения концентрации цианистого натрия и защитной щелочи в жидкой фазе пульпы. В ходе поисковых экспериментов по подбору оптимальных условий цианирования устанавливалось влияние параметров: концентрации цианистого натрия, продолжительности выщелачивания, крупности измельчения проб. В исходных и конечных продуктах цианирования определялось содержание благородных металлов химическим

ISSN 3030-3907

методом с помощью атомно-абсорбционного спектрометра фирмы «Перкин Элмер».

Результаты и их обсуждения. Основные исследования проводились по схемам, изображенной на рис. 1 и 2.

В ходе испытаний варьировались следующие параметры: концентрация цианистого натрия от 0,02 до 0,15 %, продолжительность цианирования от 12 до 36 ч, крупность измельчения материала от 70 до 95% кл. – 0,074 мм и отношение Ж:Т=2:1.

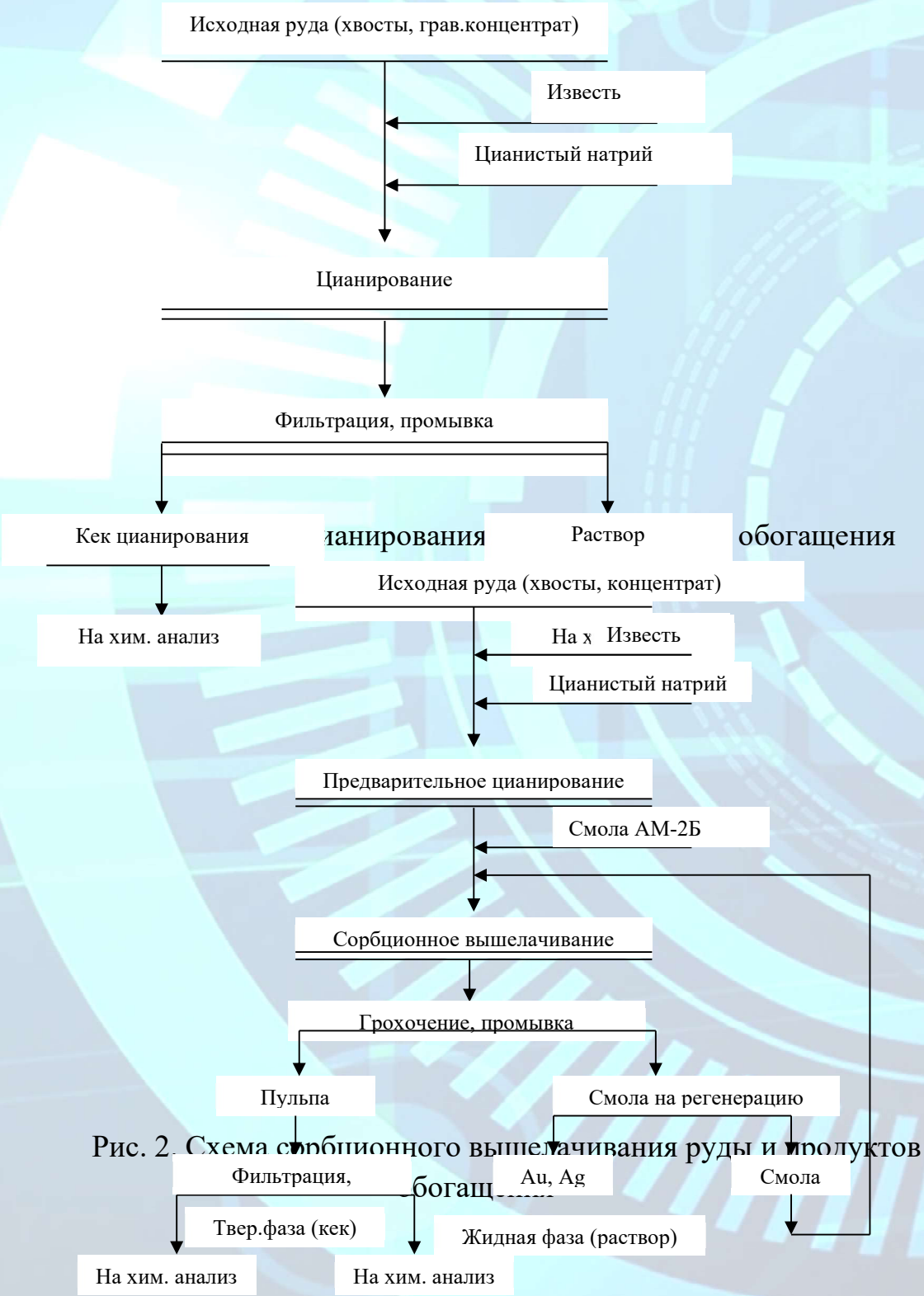


Рис. 2. Схема сорбционного вышелачивания руды и продуктов обогащения

ISSN 3030-3907

Результаты цианирования технологической пробы руды №1 месторождения Самарчук. Содержание Au – 3,7 г/т и Ag – 8,2 г/т. В кеке цианирования в оптимальном режиме содержание Au – 0,46 г/т и Ag – 1,48 г/т.

Тонина помола проб руды 95,0% кл. – 0,074 мм; отношение Ж:Т=2:1; концентрация защитной щелочи по CaO – 0,02% и продолжительность цианирования 18 часов. При этом получено извлечение в раствор золота 87,6% и серебра 81,9%.

Технологическая проба №2 месторождения Кочбулак, содержащая золота – 3,0 г/т и серебра – 3,7 г/т, тонина помола 85% кл. – 0,074 мм.

При цианировании в оптимальном режиме: концентрация NaCN–0,1 %, при Ж:Т=2:1; за 24 часа получен извлечение золота в раствор 53,3 % и серебра 51,3%.

Содержание в хвостах цианирования Au – 0,4 г/т и Ag–1,8 г/т. Показатели цианирования пробы №2 месторождения Кочбулак неудовлетворительны. Основная причина является наличие сульфидных минералов.

Переменными параметрами при поисковых опытах цианирования хвостов гравитации и флотации являются концентрация цианистого натрия (0,03÷0,1%) и продолжительность агитации (12÷24ч).

При цианировании хвостов гравитации из пробы №1 месторождения Кочбулак извлечение золота в раствор составило 88,1% и серебра 82,5%.

Из хвостов гравитации пробы №2 месторождения Кочбулак извлечение золота 56,3% и серебра 51,6% и содержание в кеках цианирования золота – 0,70 г/т и серебра 1,5 г/т.

При цианировании хвостов флотации в оптимальном режиме: концентрация NaCN–0,02%, τ- 12 час; отношение Ж:Т=2:1; концентрация защитной щелочи – 0,02% и тонина помола 85% кл. – 0,074 мм из пробы №1 месторождения Самарчук содержащая золота – 0,77 г/т и серебра – 3,97 г/т извлечение металлов в цианистый раствор составило: золота – 74,0% и серебра 72,3% от операции. В кеках цианирования Au– 0,2 г/т и Ag–1,1 г/т.

При цианировании хвостов флотации в оптимальном режиме цианирования из пробы №2 месторождения Самарчук получено извлечение золота 32,4% и серебра 61,9% от операции при содержании в исходных хвостах флотации золота 0,37 г/т и Ag – 1,68 г/т. В кеке цианирования Au– 0,25 г/т и Ag – 0,64 г/т.

Гравио-флотоконцентраты, полученные при обогащении изучаемых проб руды перерабатывались по схемам (рис.1 и .2) при следующем режиме:

Сорбционное цианирование при условиях:

ISSN 3030-3907

C_{NaCN} – 0,3%; C_{CaO} – 0,02%; отношение Ж:Т=2:1; τ – 24 ч. Загрузка смолы – 10% от объема пульпы.

Результаты опытов цианирования гравио-флотоконцентратов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты опытов цианирования гравио – флотоконцентратов

Наименование месторождений и продукт	Содержание в концентрате, г/т		Содержание в кеке цианирования, г/т		Извлечение, %	
	золото	серебро	золото	серебро	золото	серебро
Самарчук пр. №1						
Гравиоконцентрат	74,4	119,3	1,34	6,3	98,3	94,7
Флотоконцентрат	75,9	112,5	1,8	7,5	97,6	93,3
Косбулак пр. №2						
Гравиоконцентрат	78,5	66,8	32,6	30,2	58,5	54,8
Флотоконцентрат	77,7	61,2	28,2	25,6	63,7	58,2

Как видно из табл.4.1, из пробы руды Самарчук №1 получены гравиоконцентраты и флотоконцентраты при сорбционном цианировании с высокими технологическими показателями. Извлечение благородных металлов в раствор и на смолу составляет из гравио и флотоконцентратов 93,3-98,3%.

Значительно хуже цианируются концентрат, полученные из сульфидных руд пробы №2 месторождения Кочбулак. Извлечение благородных металлов в раствор составляет по золоту 58,5% и серебра 54,8% от гравиоконцентрата и 63,7 и 58,2% из флотоконцентрата.

В табл.2 приведены результаты цианирования руды и хвостов гравитации в оптимальном режиме.

Таблица 2

Результаты цианирования руды и хвостов в оптимальном режиме

Проба	Содержание, г/т				Извлечение в р-р, %		Оптималь.условия		Общие условия	
	Исх. металл		Кек циан				Хл.кр %-0,074 мм	C_{NaCN}, %	τ, ч.	
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag				
а) Исходные пробы руды										
Самарчук +	7,5	55,4	0,3	17,9	98,0	67,7	95,0	0,06	18	ж:т=2:1

ISSN 3030-3907

Кочбулак										C_{CaO}-0,02%
Кызылалма №1	3,7	3,5	0,46	1,08	87,6	69,1	95,0	0,08	18	
Кызылалма №2	3,0	3,7	1,40	1,80	53,3	51,4	95,0	0,1	24	
б) Хвосты гравитации										
Самарчук + Кочбулак	1,44	38,07	0,2	12,6	86,1	66,9	95	0,05	18	ж:т=2:1 C_{CaO}-0,02%
Кызылалма №1	2,31	2,48	0,2	1,8	91,3	67,7	95,0	0,08	18	C_{CaO}-0,02%
Кызылалма №2	1,50	2,51	0,6	1,2	60,0	52,2	85	0,08	24	

В табл. 3 приведены результаты опытов сорбционного цианирования гравио и флотоконцентратов.

Таблица 3

Результаты опытов сорбционного цианирования гравио и флотоконцентратов

Наименование мес-я	№ проб	Содержание в концентрате, г/т		Содержание в кеке цианирования, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
а) Гравиоконцентраты							
Самарчук-Кочбулак	1	160,86	509,89	11,9	176,9	92,6	65,3
Кызылалма-№1	1	94,97	70,47	4,56	20,65	95,2	70,7
Кызылалма- №2	2	76,35	61,98	33,98	29,38	55,5	52,6
б) Флотоконцентраты							
Самарчук-Кочбулак	1	128,6	643,7	12,22	233,0	90,5	63,8
Кызылалма- №1	1	77,1	50,4	4,24	3,12	94,5	93,8
Кызылалма- №2	2	71,9	56,2	26,89	22,82	62,6	59,4

Как видно из табл. 3, так же, как при цианировании руды высокие показатели получены при цианировании концентратов, выделенных из смеси руд Самарчук+Кочбулак и Кызылалма- пробы №1.

Более низкие извлечения благородных металлов, получены из пробы №2 руды месторождения Кызылалма.

Выход гравиоконцентрата в оптимальных условиях из пробы руды №2 месторождения Кызылалма- составляет 2%.

ISSN 3030-3907

Заключение. Таким образом в технологической пробе №1 месторождения Кызылалма содержание золота составляет 3,7 г/т и серебра – 1,2 г/т. Тонина помола проб руды 95% кл. -0,074+0 мм; отношение Ж:Т=2:1, CaO – 0,02% и продолжительность цианирования 18 ч. При этом получено извлечение в раствор золота 87,6% и серебра 81,9%.

В пробе №2 месторождения Кызылалма, содержащей золота 3,0 г/т и серебра 3,7 г/т, тонины помола 85% кл. -0,074 мм при цианировании с концентрацией цианида 0,1% при Ж:Т=2:1 за 24 ч, получено извлечение золота в раствор 53,3% и серебра 51,3%. Содержание в хвостах цианирования: Au – 1,4 г/т, Ag – 1,8 г/т. При тонине помола проб руды 95,0% кл. -0,074 мм, Ж:Т=2:1; концентрация щелочи по CaO – 0,02% и продолжительность цианирования 18 ч. При этом получено извлечение в раствор золота 87,6%, серебра – 81,9%. При цианировании хвостов гравитации из пробы №1 месторождения Кызылалма извлечение золота в раствор составило 88,1%, серебра – 82,5%. Из хвостов гравитации пробы №2 месторождения Кызылалма извлечение золота – 56,3%, серебра – 51,6%, содержание в кеках цианирования золота – 0,70 г/т, серебра – 1,5 г/т.

При сорбционном цианировании гравио-флотоконцентратов: C_{NaCN} – 0,3%; C_{CaO} – 0,02% отношение Ж:Т=2:1, τ – 24 ч. Загрузка смолы – 10% от объема пульпы. Из пробы руды Кызылалма в гравиоконцентрате и флотоконцентрате при сорбционном цианировании получаются высокие технологические показатели. Извлечение благородных металлов в раствор и на смолу составляет 93,3-98,3%. Значительно хуже цианируется концентрат, полученный из сульфидных руд пробы №2 месторождения Кызылалма. Извлечение благородных металлов в раствор составляет по золоту 58,5% и серебра 54,8% от гравиоконцентрата и 63,7 и 58,2% из флотоконцентрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самадов А.У. Исследование процесса выщелачивания благородных металлов из лежалых хвостов золотоизвлекательных фабрик// Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2023. – №1. – С. 194-199.

2. Санакулов К.С. Особенности технологии извлечения металла из упорных и особо упорных золото-сульфидных мышьяковистых руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №2. – С. 33-36.

3.Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М. Изучение вещественного состава обогатимости технологической пробы руды месторождения Койтош // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2016. – №4. – С. 216-223.

4. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М. Изучение вещественного состава и обогатимости проб руды одного из месторождения Республики Узбекистан

ISSN 3030-3907

// Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2017. – №1. – С. 210-217.

5. Бекпулатов Ж.М. Исследование на обогатимость упорных золотосодержащих руд // Материалы Республиканской научно-практической конференции на тему: «Геологические науки в Узбекистане: проблемы, развитие и инновационные направления». – Ташкент, 24 мая 2014 г. – С. 279-280.

6.Умарова И.К., Аминджанова С.И. Международная научно-техническая интернет-конференция “Инновационное развитие ресурсосберегающих технологий добычи и переработки полезных ископаемых” Изучение вещественного состава руды месторождения Хандиза Петрошани, Румыния. 14 декабря 2018 года. с.175-178.

7. Аминжанова С.И., Умарова И.К., Салижанова Г.К., Каландаров Г.С., Махмареджабов Д.Б. Исследование обогатимости руд Хандизинского месторождения полиметаллических руд. Международный журнал передовых исследований в области науки, техники и технологий ISSN: 2249 – 8958, Volume-9 Issue-2, December, 2019. P. 4789 – 4791.

8. С.И.Аминжанова. Технология переработки золотосодержащих руд Ангренского рудного поля методом флотации с использованием новых местных реагентов. ISSN: 2350-0328 Международный журнал передовых исследований в области науки, техники и технологий, Том 8, Выпуск 7, июль 2024 года. С. 17630-17634.

ISSN 3030-3907