

**ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО, ФАЗОВОГО СОСТАВА
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ СМЕШАННЫХ РУД****Каюмов Ойбек Азамат угли**

ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: oybekqayumov@mail.ru

Хакимов Камол Жураевич

ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Эшонкулов Учкун Худойназар угли

ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Боймуродов Нажмиддин Абдуьодирович

ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Норкулов Навруз Мирсалим угли

магистрант,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

**STUDY OF THE CHEMICAL, GRANULOMETRIC, PHASE COMPOSITION
OF GOLD-BEARING MIXED ORES****Oybek Kayumov**

Assistant,
Karshi engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Kamol Khakimov

Assistant,
Karshi engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Uchkun Eshonkulov

Assistant,
Karshi engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Najmiddin Boymurodov

Assistant,
Karshi engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Navruz Norkulov

Master dept. of "Mining"
Karshi engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается Изучение химического, гранулометрического, фазового состава золотосодержащих смешанных руд и изучение процесса флотации золотосодержащих смешанных руд.

ABSTRACT

The article deals with the study of the chemical, granulometric, phase composition of gold-bearing mixed ores and the study of the process of flotation of gold-bearing mixed ores.

Ключевые слова: Обжиг, флотационных свойств, углерод, бактериальное выщелачивание, сорбционную активность.

Keywords: Roasting, flotation properties, carbon, bacterial leaching, sorption activity.

В экономике Узбекистана горнодобывающая промышленность является одной из ведущих структурообразующих отраслей, основанной на мощной минерально-сырьевой базе разведанных и разведываемых месторождений различных полезных ископаемых.

Быстрые темпы развития всех отраслей промышленности в условиях независимого Узбекистана приводят к возрастанию добычи полезных ископаемых различных видов. Особенно быстро растет потребление цветных и редких металлов, в тоже время запасы промышленных руд постепенно иссякают. Переработка же бедных руд вызывает необходимость добычи и обогащения большого количества рудного сырья, что в свою очередь значительно повышает себестоимость получения металла. Поэтому необходимо изыскивать и применять наиболее дешевые и эффективные технологические процессы извлечения металлов из руд, старых и вновь образующихся отвалов горно-обогажительных металлургических предприятий.

Узбекистан находится в первой пятерке стран мира по подтвержденным запасам золота и урана, и в первой десятке – по добыче золота и урана, а по общему потенциалу запасов и прогнозных ресурсов золота занимает второе место в мире.

Правительство Республики Узбекистан определило промышленное освоение природных богатств одним из приоритетных направлений в программе развития и реформирования экономики страны. Значительная роль в ней, принадлежит Навоийскому горно-металлургическому комбинату (НГМК), специализирующемуся в основном, на выпуске урана и золота. Сферой деятельности комбината является вся территория Центральных Кызылкумов, которая с незапамятных времен привлекала к себе внимание рудознатцев. Золоторудная сырьевая база комбината, находящаяся в постоянном развитии, является надежной основой не только для действующих и строящихся горнорудных предприятий НГМК, но в значительной степени и для экономики Узбекистана.

Рассчитанная на многие годы производственно-хозяйственная деятельность НГМК направлена на обеспечение устойчивого роста экономического потенциала и социальной стабильности Республики Узбекистан путем дальнейшего повышения эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов, увеличения объемов выпускаемой высоколиквидной продукции и интенсивного развития новых производств.

Комбинат, являясь многопрофильным горно-перерабатывающим предприятием, основное внимание уделяет производству золота, что способствует укреплению независимости Узбекистана.

Методы кондиционирования углерода содержащегося в золотосодержащих рудах перед цианированием

Методы обработки золотосодержащих руд для нейтрализации активности рудного углеродистого вещества (РУВ) включают флотацию, использование пассивирующих покрытий, сорбентов, обладающих большим сродством к $\text{Au}(\text{CN})_2^-$, обжиг, химическое окисление и бактериальную обработку.

Флотация углеродистого вещества

Если с углеродистым веществом ассоциированы небольшие количества золота или золото не имеет флотационных свойств, этот способ может быть применен для удаления РУВ перед цианированием, что в свое время использовали на Мак-Интайр Поркьюпайн (Канада). Известно, что при первых попытках реализации сорбционного цианирования золота РУВ флотировали из пульпы совместно с активным углем, а затем сжигали описано применение для флотации РУВ двух реагентов. Основой одного из них (депрессант JCM) является смесь декстрина $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$, растительного клея (гуара) и золя лигнина. Другим реагентом (дисперсантом) под названием «Квибрачо» является экстракт из деревьев твердых пород, растущих на территориях Аргентины и Парагвая. Использование этих соединений позволило в условиях завода Мак-Интайр повысить извлечение золота на 8-10 %.

В то же время флотация, как способ удаления РУВ, была забракована для условий технологии переработки руд Карлинского тренда из-за повышенного содержания в углеродистом веществе золота.

Покрытие поверхности органическими пассиваторами

Для образования защитных покрытий, блокирующих контакт РУВ с золотосодержащими растворами, можно использовать керосин, дизельное топливо, РВ-2; первые два реагента используют на заводах, работающих по фильтрационной технологии [30]. Этот прием применяли, в частности, на Керр Эддисон Майн (Канада), Прести (Гана) и в опытно-масштабе в России.

На заводе Прести при флотации сульфидных минералов и свободного золота РУВ пассивировали с помощью пенообразователя Аэро 633 и крахмала.

Фирма «Цианамид» (США) использовала аналогичный прием для удаления РУВ из золотосодержащих руд в ЮАР.

На Стэвел Гоулд Майн (Австралия) для пассивирования РУВ, добавляли керосин (200 г/т), что снижало эффективность цикла угольной сорбции. Это обстоятельство заставляло прекращать добавление керосина через каждые 2-4 недели для восстановления сорбционных свойств активного угля.

На Мазер Лоуд Майн (США) для пассивирования РУВ обрабатывали всю руду керосином, после чего флотировали сульфиды и свободное золото. Для пассивирования углеродистого вещества в составе шламовой фракции пульпы использовали каменноугольную смол.

Для уменьшения «паразитной» сорбции золота на РУВ был испытан ряд поверхностно-активных веществ: растворимых, частично растворимых и нерастворимых в воде. В результате были выявлены три соединения, показавшие лучшие результаты: длинноцепочечный полиоксиэтилен (NP 10, молекулярный вес M равен 660), лаурилсульфат натрия ($M=288$) и нефтяной сульфат ($M=500$). Требуемая концентрация каждого реагента 100-500 мг/дм³. Отмечено вместе с тем, что эти соединения могут частично блокировать поверхность золота, снижая его извлечение при цианировании.

При флотации золотосодержащих сульфидных минералов для пассивирования РУВ предложено добавлять нафталинсульфонатнатрия ($C_{10}H_7 \cdot SO_3Na$), его расход 250-275 г/труды.

Окислительный обжиг руд содержащих углеродистое вещество

Обжиг при 550-800 °С приводит к разложению РУВ (наиболее часто используют 600-700 °С). Этот прием широко применяли на заводе Прести (Гана) с начала 1940-х годов для переработки флотоконцентратов, содержащих активное углеродистое вещество. При этом оставшееся РУВ пассивировали дизельным топливом, получая общее извлечение золота на уровне 85-90 %.

Во многих случаях наличие природного углерода в рудах создает проблемы при обжиге, так как высокая температура, необходимая для выжигания углерода, приводит к спеканию; в результате огарок имеет малую пористость. Обжиг таких руд оправдан, если его целью является ликвидация всего углерода. Параметры такого обжига, однако, должны строго контролироваться, так как при неполном выжигании углерод, оставшийся в огарке, обладает большей сорбционной активностью, чем в исходной руде. В этом случае потери золота могут быть количественно оценены с помощью аналитического метода TOF-LIMS.

Биохимическая обработка РУВ

Исследования показали, что биогидрометаллургия применима для переработки наиболее упорных концентратов золото-серебряно-мышьяковых и золото-сурьмяно-мышьяковых руд сульфидно-прожилково-вкрапленного типа (табл. 1,2). В этих рудах в значительных количествах присутствует углерод в рассеянной форме, обладающий сорбционной способностью более высокой, чем углерод в рудах гидротермального происхождения. Установлены важные для практической реализации процесса следующие моменты: поглощение коллоидного и тонкодисперсного (0,001-1,0 мкм) золота биомассой и возможность подавления сорбционной активности рассеянного углеродистого вещества.

Таблица 1.

Полупромышленные испытания биотехнологии переработки золотосодержащих концентратов различных месторождений

Месторождение (страна)	Год испытаний	Содержание				Извлечение золота, %	
		Au, г/т	As, %	S, %	S _{орг} , %	из исходного концентрата	из продуктов БО концентрата
Кокпатас (Узбекистан)	1974	31,0	8,4	24,4	11	9,0	90,0
Кокпатас + Даугытау (Узбекистан)	1978	39,4	4,6	23,8	4,3	15,0	77,8
Бакырчик (Казахстан)	1979	108,0	9,6	17,8	19,2	10,0	88,3
Майское (РФ)	1985	70,0	5,7	21,7	2,4	6,0	94,6
Нежданинское (РФ)	1986	25,4	5,6	13,3	1,8	60,0	94,8
Нежданинское (РФ)	1987	21,6	4,8	15,2	4,7	38,4	92,0
Кумтор (Киргизия)	1988	39,2	—	30,2	1,5	81,3	94,1
Олимпиадинское (РФ)	1989	63,1	3,7	20,7	0,4	46,2	94,3
Перевальное (Киргизия)	1989	39,5	3,4	9,5	-	4,7	96,0
Тохтаровка (Казахстан)	1990	93,5	9,3	18,4	-	9,3	95,0
Пезинок (Словакия)	1990	26,8	9,6	30,0	3,5	3,5	89,0
Талдыбулак (Киргизия)	1991	30,9	-	42,7	-	72,7	95,3
Дарасун (РФ)	1991	53,1	2,0	24,2	-	83,5	98,4
Бакырчик (Казахстан)	1991-1992	54,5	4,8	8,1	15,3	12,6	94,0

Для руд и концентратов, отличающихся «двойной упорностью» (тонкая вкрапленность золота плюс наличие активного углеродистого вещества) предложено двухстадийное бактериальное выщелачивание. На первой стадии сульфидные минералы разлагаются в обычном варианте с помощью *Thiobacillus Ferrooxidans*, а на второй — происходит микробиологическое разложение РУВ с помощью сообщества гетеротрофных бактерий семейства *Pseudomonas*, в частности *Streptomyces setonii*. Эти микроорганизмы способны растворять лигнин и некоторые виды угля.

Эксперименты с флотоконцентратом, содержащим 11,9% S_s, 6,7% C_{орг} и 65,3 г/т Au, показали, что биоразложение РУВ при 45 °С в течение 14 суток позволило увеличить извлечение золота при последующем цианировании до 94,7% (на 13,6% больше, чем при обычном одностадийном биоокислении).

В работе исследовали возможность использования бактерии вида *Thermophilis* и установили, что они лишь частично окисляют РУВ, поэтому их нужно использовать в связке с последующим пассивированием поверхности, что вряд ли экономически оправдано.

Таблица 2.

**Переработка золото-серебряно-мышьякового флотационного концентрата руды
Нежданнинского месторождения**

Схема переработки	Температура, °С	Время обработки	Продукт обработки	Содержание в продукте, %			Обработка продукта	Выход продукта, % от концентрата	Извлечение, %	
				As _{общ}	S _{общ}	C _{орг}			Au	Ag
Окислительный обжиг-цианирование огарка	500-550	2	Огарок	2,12	0,50	2,6	Без обработки	67,0	79,1	19,1
	1 стадия 500-550	2	Огарок	0,52	0,76	Нет	Солянокислая	41,3	81,9	85,0
	2 стадия 600-650	2					Без обработки	67,0	79,1	24,0
Автоклавное окисление-сорбционное цианирование остатков	180	1,5	Нерастворимый остаток	8,4	2,38	13,56	Без обработки	76,7	89,3	0
							Известковая	-	90	88,0
То же	160	3	То же	8,6	2,53	11,86	Без обработки	81,2	82,8	0
							Известковая	-	83,4	86,0
Бактериальное выщелачивание-сорбционное цианирование остатков	30-33	100	То же	5,67	Не опр.	13,98	Без обработки	82,3	88,3	88,4

Примечание. Исходное содержание в концентрате, %: 7,5-As_{общ}; 88-S_{общ}; 11,5-C_{орг}.

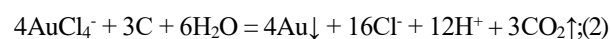
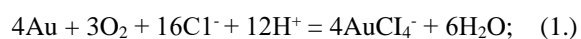
Автоклавная окислительная обработка

Нитрокс и Арсено-процессы, использующие для вскрытия золотосодержащих руд азотную кислоту и оксиды азота, применимы и для переработки углеродистых руд, так как эти реагенты окисляют РУВ и уменьшают его сорбционную активность. Вместе с тем наиболее часто в промышленной практике используют автоклавное окисление кислородом (воздухом) при повышенных температурах (180-220 °С) и давлении (1800-2200 кПа). Этот метод применяют на заводе Бэррик Меркьюор и Гетчелл (США) для переработки углеродистых руд.

Для руды месторождения Твин Крикс (США) с 2,3-8,3% сульфидной серы и 0,13-1,36% органического углерода опробована автоклавно-окислительная

обработка при следующих параметрах: температура 225 °С, общее давление в системе (HCl + O₂) 3170 кПа, парциальное давление кислорода 690 кПа, время обработки 45-90 мин, крупность измельчения 80% руды -0,02 мм.

Последующее цианирование дало извлечение золота 92-96% при условии окисления сульфидной серы на 99,0-99,5% и введения CO₃²⁻-иона в составе доломита или известняка. С использованием SEM-анализа было установлено наличие элементарного золота (~0,2 мкм), выделившегося на органическом углероде. Это позволило предположить, что в процессе автоклавной обработки золото сначала растворялось, а затем переосаждалось, восстанавливаясь углеродом:



$\Delta G (220^\circ\text{C}) = - 422,9$ кДж/моль;

$\Delta G (220^\circ\text{C}) = - 217,7$ кДж/моль.

Список литературы:

1. Хакимов К.Ж, Каюмов О.А., Эшонкулов У.Х, Соатов Б.Ш. Техногенные отходы Перспективное сырье для металлургии узбекистана в оценке отвальных хвостов фильтрации медно-молибденовых руд // Universum: технические науки - Москва, 2020. № 12 (81_1) С. 54-59.
2. Каюмов О.А. Изучение технологии по переработке молибдена в АО «Алмалыкский ГМК» // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 2(83)
3. Хакимов К.Ж, Хасанов А.С, Каюмов О.А, Соатов Б.Ш Изучение химического вещественного состава шлаков медеплавильного производства, кеков, клинкеров и других отходов металлургических производств // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. [и др.]. 2021. 2(83).
4. Хасанов А.С., Шодиев А.Н., Саидахмедов А.А., Туробов Ш.Н. Изучение возможности извлечения молибдена и рения из техногенных отходов // Горный вестник Узбекистана г. Навои. 2019г. -№3 С. 51-53. (05.00.00; №7).