УДК 622.7: 622. 342(575.1)

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОКПАТАС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И МЕСТНЫХ РЕАГЕНТОВ

Бекпулатов Ж.М.

Ташкентский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассмотрены особенности обогащения упорных золотосодержащих руд месторождения Кокпатас. Проведен сравнительный анализ эффективности гравитационных и флотационных методов переработки руд, что позволило выявить преимущества каждого подхода и определить оптимальные условия технологического процесса. Выявлено, что гравитационное обогащение ограниченно из-за тонкодисперсной формы золота. Флотационные методы, применяемые в открытом и замкнутом циклах с использованием традиционных и местных реагентов, обеспечивают высокие показатели извлечения золота и серебра, достигая 80% и выше по золоту. Комбинированное использование реагентов способствует повышению качества получаемых концентратов и обеспечивает рост общей эффективности технологического процесса переработки. Полученные результаты могут служить основой для оптимизации технологических схем переработки упорных золото-серебро-содержащих руд.

Ключевые слова: минераль, золотосодержащие руды, обогащение, гравитационный метод, флотация, реагенты, концентрат бутиловый ксантогенат калия, золота, месторождение Кокпатас, грохочение, серебра, измельчение

Abstract: The article examines the features of beneficiation of refractory gold-bearing ores from the Kokpatas deposit. A comparative analysis of the efficiency of gravitational and flotation methods for ore processing was carried out, which made it possible to identify the advantages of each approach and determine the optimal conditions of the technological process.It was found that gravitational beneficiation is limited due to the fine-dispersed form of gold. Flotation methods applied in open and closed circuits using conventional and local reagents provide high recovery rates of gold and silver, reaching 80% and higher for gold.The combined use of reagents contributes to improving the quality of the obtained concentrates and ensures an increase in the overall efficiency of the processing technology. The obtained results can serve as a basis for optimizing technological flowsheets for the processing of refractory gold–silver-bearing ores.

ISSN 3030-3907

Keywords: mineral, gold-bearing ores, enrichment, gravity method, flotation, reagents, potassium butyl xanthate concentrate, gold, Kokpatas deposit, screening, silver, grinding

Annotatsiya: Maqolada Kokpatas konining qiyin boyitiluvchan oltin tarkibli rudalarini boyitish xususiyatlari ko‘rib chiqilgan. Rudalarni qayta ishlashda gravitatsion va flotatsion usullarning samaradorligi qiyosiy tahlil qilinib, har bir yondashuvning afzalliklari aniqlangan hamda texnologik jarayonning optimal sharoitlari belgilangan. Oltinning mayda dispers holatda bo‘lishi sababli gravitatsion boyitish imkoniyatlari cheklangan. An’anaviy va mahalliy reagentlardan foydalangan holda ochiq va yopiq sikllarda qo‘llaniladigan flotatsion usullar oltin va kumushni ajratib olishda yuqori ko‘rsatkichlarni ta’minlaydi, bunda oltin bo‘yicha ajratib olish darajasi 80 % va undan yuqoriga yetishi mumkin. Reagentlarni kompleks qo‘llash olinadigan kontsentratlar sifatini yaxshilashga xizmat qiladi hamda qayta ishlash texnologik jarayonining umumiy samaradorligini oshiradi. Olingan natijalar qiyin boyitiladigan oltin va kumush tarkibli rudalarni qayta ishlashning texnologik sxemalarini optimallashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: mineral, oltin tarkibli rudalar, boyitish, gravitatsion usul, flotatsiya, reagentlar, boyitma, butil ksantogenat kaliy, oltin, Kokpatas koni, elash, kumush, yanchish.

Введение

Каждый тип руд характеризуется морфолого-генетическими особенностями месторождений, характером породообразующих минералов и рудных минеральных ассоциаций, что оказывает существенное влияние на технологические схемы переработки. В зависимости от этих факторов выделяются геолого-технологические подтипы и разновидности руд. Морфология рудных тел, а также минералого-химические и текстурно-структурные особенности руд определяют их технологические свойства. Ключевыми являются минеральная форма ценного компонента — золота, характер его ассоциации с рудными и нерудными минералами, а также степень изменения руды под воздействием гипергенных и гипогенных процессов [1–3].

Проведённые исследования минерального состава руд позволили выявить ряд ранее не идентифицированных минералов. В результате проведённых исследований установлена платиноносность прожилково-вкрапленных руд, а также достоверно подтверждено наличие сопутствующих ценных компонентов. Выявленные особенности минерального состава имеют существенное практическое значение, поскольку создают предпосылki для комплексного использования минерального сырья и

ISSN 3030-3907

обосновывают целесообразность вовлечения данных руд в промышленную переработку с повышенной экономической эффективностью. Сульфидные золотосодержащие руды отличаются по вещественному составу, характеру ассоциации золота и минеральным компонентам. Они относятся к категории упорных, обладают низкими показателями извлечения металлов, а разведанные запасы характеризуются невысоким содержанием золота, его высокой дисперсностью, тонкой вкрапленностью и неравномерным распределением [4–8].

В работе [9] детально охарактеризован вещественный состав упорной золотосодержащей руды месторождения Кокпатас, что послужило научной основой для выбора рациональных методов её переработки. В настоящей статье представлены и проанализированы результаты технологических исследований по обогащению данной руды с применением гравитационных и флотационных методов. Особое внимание уделено оценке эффективности указанных процессов, а также выявлению возможностей повышения извлечения золота при переработке упорных руд.

Материалы и методы

Гравитационное обогащение

Гравитационное обогащение проводилось на пробе руды с крупностью помола -0,5 +0 мм. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты гравитационного обогащения руды

Продукты	Выход, %	Содержание, у.е.	Извлечение, %
		Au	Ag
Гравиоконцентрат	5,03	28	3,5
Промпродукт	19,46	2,1	2,4
Хвосты гравитации	75,51	1,2	0,47
Руда	100,0	2,72	1,0

При гравитационном обогащении получен гравиоконцентрат, содержащий 28 у.е. золота и 3,5 у.е. серебра при извлечении металлов 51,72% и 17,6% соответственно.

ISSN 3030-3907



Рисунок 1. Гравитационная схема обогащения руды (грохочение, концентрация, перечистка)

Флотационное обогащение

Вследствие тонко- и ультрадисперсного состояния золота применение гравитационных методов обогащения показало недостаточную эффективность. В связи с этим для переработки данной руды более целесообразным и технологически обоснованным является использование флотационного метода. Флотационные исследования проводились как в открытом, так и в замкнутом циклах. Исходная руда предварительно подвергалась измельчению до тонкости помола, обеспечивающей выход 80–85 % класса крупности −0,074 мм, что является оптимальным условием для раскрытия полезных минералов и повышения эффективности флотационного процесса. Схема флотации включала две основные, одну контрольную и перечистную операции (рисунок 2).

В качестве реагентов использовались:

- Собиратель: бутиловый ксантогенат калия (БКК) в содовой среде,
- Активатор: медный купорос (CuSO4),
- Аполярный собиратель: веретенное масло,
- Вспениватель: реагент Т-92.

Кроме того, применялись местные реагенты ПС и НШ.

ISSN 3030-3907

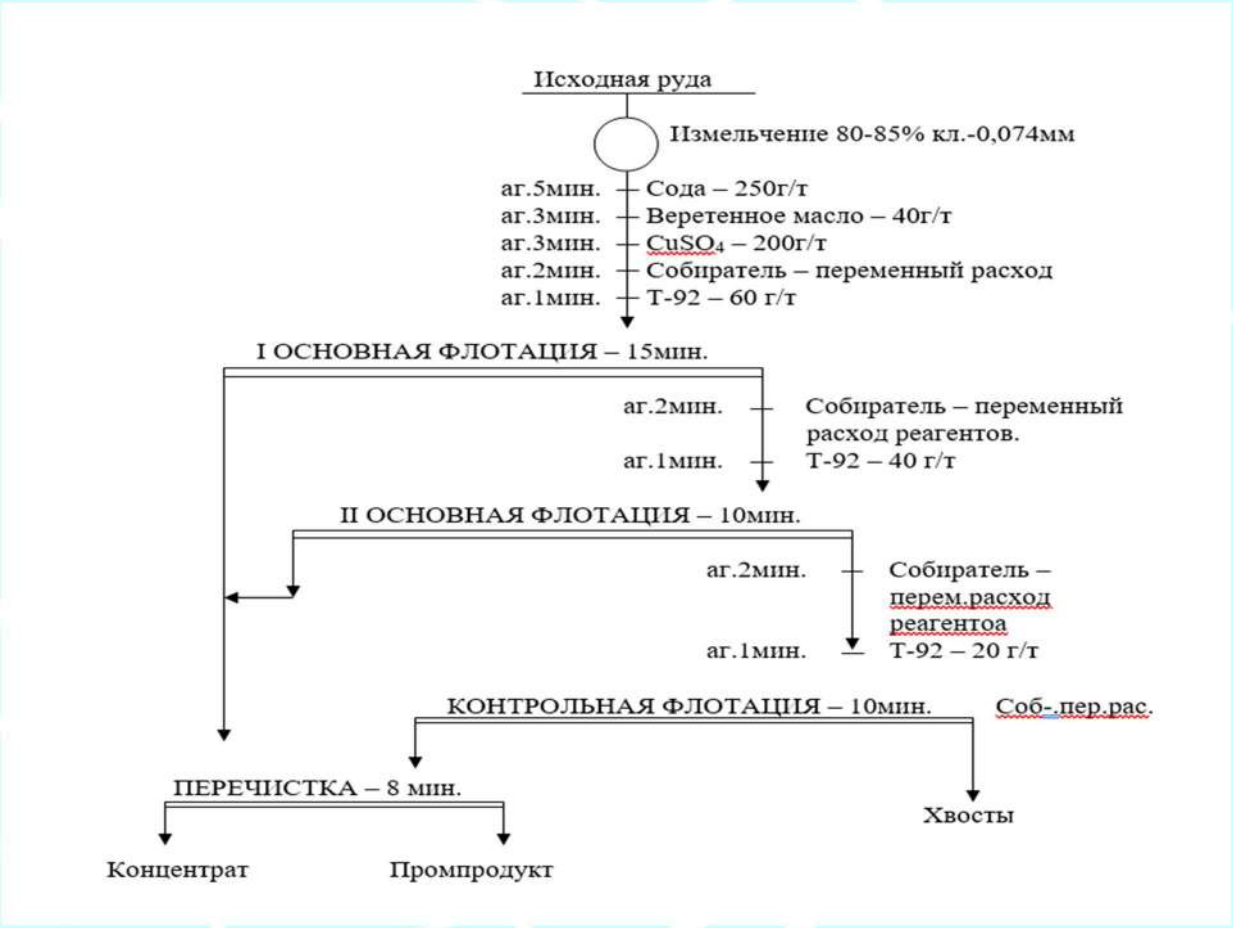


Рисунок 2. Схема флотации руд месторождения Кокпатас

Технология флотации

- Измельчение (80–85% кл. -0,074 мм);
- Аэрация с добавлением соды (250 г/т, 5 мин);
- Веретенное масло (40 г/т, 3 мин);
- CuSO4 (200 г/т, 3 мин);
- Собиратель (переменный расход, 2 мин);
- Вспениватель Т-92 (60 г/т, 1 мин);
- Основная флотация I (15 мин) и II (10 мин) с добавлением реагентов;
- Контрольная флотация (10 мин);
- Перечистка (8 мин).

Результаты и обсуждение

Результаты флотационного обогащения с применением традиционных и местных реагентов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты флотационного обогащения проб руд

Цикл	Продукт	Выход, %	Содержание, у.е.	Извлечение, %	Расход реагентов, г/т
			Au	Ag	Au

ISSN 3030-3907

Открытый	Флотоконцентрат	8,25	26,0	3,4	80,54
	Промпродукт	18,92	1,2	1,3	8,52
	Хвосты	72,83	0,4	0,3	10,94
	Руда	100	2,66	0,74	100
Открытый	Флотоконцентрат	7,0	27,0	3,5	82,53
	Промпродукт	23,0	0,46	1,2	4,62
	Хвосты	70,0	0,42	0,23	12,85
	Руда	100,0	2,29	0,68	100,0
Открытый	Флотоконцентрат	6,06	35,0	3,5	85,5
	Промпродукт	21,21	0,64	0,6	5,47
	Хвосты	70,0	0,31	0,2	9,03
	Руда	100,0	2,48	0,48	100,0
Замкнутый	Флотоконцентрат	10,1	23,0	5,2	89,6
	Хвосты	89,9	0,3	0,2	10,4
	Руда	100	2,6	0,7	100
Замкнутый	Флотоконцентрат	8,9	30,1	6,5	90,74
	Хвосты	91,1	0,3	0,22	9,26
	Руда	100	2,95	0,78	100

При флотации в открытом цикле с традиционными реагентами получены флотоконцентраты с содержанием золота 26–27 у.е. и серебра 3,4–3,5 у.е. при извлечении 80,5–82,5% по золоту и 36–37,6% по серебру. Использование местных реагентов в сочетании с традиционными позволило повысить содержание золота в концентрате до 35 у.е. и извлечение до 85,5%, серебра – до 3,5 у.е. и 44,2% соответственно.

В замкнутом цикле с традиционными реагентами извлечение золота достигало 89,6% при содержании 23 у.е., серебра – 74,5% при содержании 5,2 у.е. С добавлением местных реагентов концентрация золота увеличилась до 30,1 у.е., серебра – до 6,5 у.е., а извлечение составило 90,74% и 74,27% соответственно.

Заключение

Гравитационное обогащение упорной золотосодержащей руды месторождения Кокпатас показало ограниченную эффективность из-за тонкодисперсного состояния золота. Флотационные методы, особенно с применением комбинированных традиционных и местных реагентов,

ISSN 3030-3907

значительно повышают извлечение и концентрацию золота и серебра. Проведение флотации в замкнутом цикле обеспечивает получение более высоких технологических показателей по сравнению с открытым циклом, что выражается в повышении извлечения и улучшении качественных характеристик концентратов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и оптимизации технологических схем переработки упорных золото-серебросодержащих руд с целью повышения эффективности их промышленного обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ахмедов Н.А. Состояние и задачи технологических исследований руд Узбекистана. Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана. Материалы республиканского научно-технического семинара, Ташкент-2005г.
2. Таймасов Д.В. Минеральный состав руд месторождения заполярное (Кольский полуостров) Вестник пермского университета. Геология 2018г. Том: 17 № 4 Г С. 386-394.
3. Абрамов А. А. Обогащение руд цветных металлов: / – М.: Недра, 2000г.
4. Умарова И.К., Бекпулатов Ж.М., Джалилов Б.Р. Исследования особенностей вещественного состава золотосодержащих руд месторождения Кочбулак и Кызылалма Ангренского рудного поля. Электронный научный журнал «Инженерные решения» г.Новосибирск апрель 2020г. Выпуск 4 (14), 4-8с.
5. Бекпулатов Ж.М., ЯкубовМ.М., Ахмедов Х., Якубов Н.М., Холикулов Д.Б. Золотосодержащие руды месторождений республики узбекистан кызылалма, кочбулак и аджибугут, проблемы их переработки: / – Журнал Композиционные материалы. 2020 г №3, С.270-274.
6. Akhmedov Kh., Bekpulatov J.M., Matkarimov S.T.Studing material composition and leaching methodics trial ores deposit of Beshkuduk (Uzbekistan) // European science review, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Vienna, 2017. – №1-2. – pp. 208-211.
7. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М. Результаты технологических исследований одной золотосодержащей руды месторождения Республики Узбекистан // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2017. – №2. – С. 269-275.
8. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М. Изучение вещественного состава обогатимости проб руды месторождения Бешкудук // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2016. – №3. – С. 210-216.

ISSN 3030-3907

9. Абрамов А.А.Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Том II. Технология обогащения полезных ископаемых. М., 2004, 510с.

ISSN 3030-3907