



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ГРАВИТАЦИОННОГО И ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ УПОРНЫХ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОКПАТАС С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И МЕСТНЫХ РЕАГЕНТОВ

Бекпулатов Ж.М.
Газибекова У.Р.
Нажмиддинов У.И.
Гуломов А.С.
Рустамова С.Б.

Ташкентский государственный технический университет
Университет геологических наук
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17513867>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 25-oktabr 2025 yil
Ma'qullandi: 28-oktabr 2025 yil
Nashr qilindi: 31-oktabr 2025 yil

KEYWORDS

упорные руды,
золотосодержащие руды,
обогащение,
гравитационный метод,
флотация, реагенты,
бутиловый ксантогенат
калия, извлечение золота,
месторождение Кокпатас.

ABSTRACT

В статье рассмотрены особенности обогащения упорных золотосодержащих руд месторождения Кокпатас. Проведен сравнительный анализ эффективности гравитационного и флотационного методов переработки руд. Выявлено, что гравитационное обогащение ограничено 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 90% и выше по золоту. Комбинированное применение реагентов повышает качество концентратов и эффективность переработки. Полученные результаты могут служить основой для оптимизации технологических схем переработки упорных золото-серебро-содержащих руд.

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 минералогическая 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].

Изучение минерального состава руд выявило ряд ранее не обнаруженных минералов. Подтверждена платиноносность жильково-вкрапленных руд, а также наличие других полезных

компонентов, что имеет практическое значение для их вовлечения в отработку. 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] представлены результаты изучения вещественного состава упорной золотосодержащей руды месторождения Кокпатас. В настоящей статье рассматриваются результаты обогащения данной руды методами гравитации и флотации.

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.

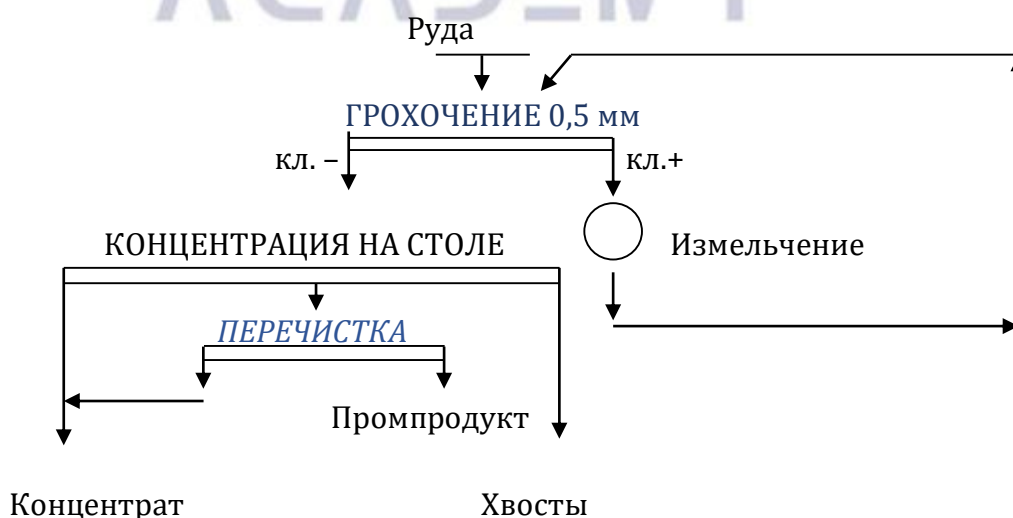


Рисунок 1. Гравитационная схема обогащения руды (грохочение, концентрация, перечистка)

Флотационное обогащение

Из-за тонко- и ультрадисперсного состояния золота гравитационное обогащение оказалось недостаточно эффективным. Для такой руды рекомендуется флотационный метод переработки.

Флотация проводилась в открытом и замкнутом циклах. Руда измельчалась до крупности 80–85% класса -0,074 мм. 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.

Исходная руда

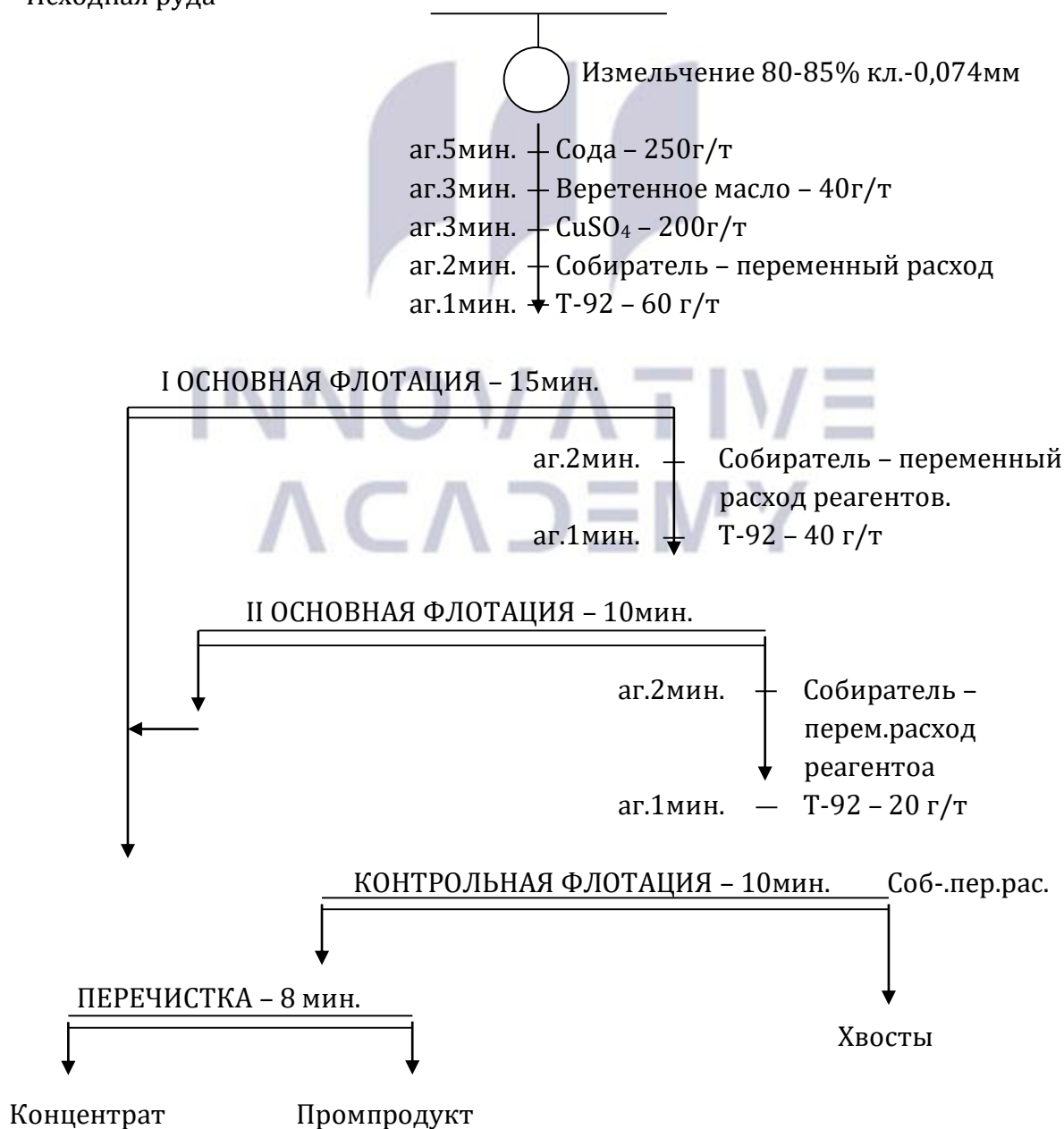


Рисунок 2. Схема флотации руд месторождения Кокпатас

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
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, значительно повышают извлечение и концентрацию золота и серебра. Замкнутый цикл флотации обеспечивает более высокие показатели по сравнению с открытым циклом. Результаты могут быть использованы для оптимизации технологических схем переработки упорных золото-серебро-содержащих руд.

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 Ангреновского 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.
9. – Ташкент, 2016. – №3. – С. 210-216.

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



INNOVATIVE
ACADEMY