

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

Кенжалиев Б.К., Абдыкирова Г.Ж., Койжанова А.К.

**ТӨМӨН САПАТТУУ АЛТЫН КАМТЫГАН ЧИЙКИ ЗАТТЫ
ЦИАНИДДӨӨНҮН КЕЛЕЧЕГИ**

Кенжалиев Б.К., Абдыкирова Г.Ж., Койжанова А.К.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИАНИРОВАНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

В.К. Kenzhaliyev, G.Zh. Abdykirova, A.K. Koyzhanova

**PROSPECTS FOR CYANIZING GOLD-CONTAINING
RAW MATERIALS**

УДК: 669.21: 622.771

Макалада байытуучу фабриканын алтын камтыган калдыктарын бөлүп алуу боюнча технологиялык изилдөөлөрдүн натыйжалары келтирилген. Күмүштү аз камтыган азсульфид алтын кварц рудасынын флотациялоо процессинде пайда болгон флотациялык баюунун калдыктары Казахстандын кендеринин бириндеги 1,91 г/т алтын камтыган продукт болуп эсептелет. Рентгенфазалык анализдин маалыматтары боюнча пробада төмөнкүдөй минералдар аныкталган: кварц, хлорит, талаа шпаты, мусковит жана сульфиддер. Алтындын бөлүштүрүлүшү көлөм класстары боюнча алтындын негизги массасы (81,53%), ал эми 50 мкм кичинекей класстарда топтолгон экенин көрсөттү. Мында эң жука бөлүнүп берилген класска -20+0 мкм 63,63% бардык алтын өтөт, ал эми анын мазмуну 2,3 г/т түзөт. Флотациянын калдыктары сорттолгон шакардоо активдештирилген көмүрдү пайдалануу менен изилденди: алтынды эритмеге бөлүп алуу 62,52%ды түздү, 20 саат шакардоо узактыгы менен.

Негизги сөздөр: калдыктар, минерал, бөлүштүрүү, алтын, кармоо, цианиддөө, сорбция, бөлүп алуу.

В статье приведены результаты технологических исследований по выщелачиванию золотосодержащих хвостов обогатительной фабрики. Хвосты флотационного обогащения, образованные в процессе флотации малосульфидной золотокварцевой руды с бедным содержанием серебра одного из месторождений Казахстана представляют собой продукт с содержанием золота 1,91 г/т. По данным рентгенофазового анализа в пробе идентифицированы следующие минералы: кварц, хлорит, полевой шпат, мусковит и сульфиды. Распределение золота по классам крупности показывает, что основная масса золота (81,53%) сосредотачивается в наиболее тонких классах мельче 50 мкм. При этом в самый тонкий выделенный класс -20+0 мкм переходит 63,63% всего золота, а содержание его составляет 2,3

г/т. Исследовано сорбционное выщелачивание хвостов флотации с использованием активированного угля: извлечение золота в раствор составило 62,52% при продолжительности выщелачивания – 20 часов.

Ключевые слова: хвосты, минерал, распределение, золото, содержание, цианирование, сорбция, извлечение.

The article presents the results of technological research on the leaching of gold-containing tailings of the processing plant. The tailings of flotation concentration, formed in the process of flotation of low-sulphide gold-quartz ore with a poor silver content of one of the deposits of Kazakhstan, are a product with gold content of 1.91 g/t. According to X-ray phase analysis, the following minerals were identified in the sample: quartz, chlorite, feldspar, muscovite, and sulfides. The distribution of gold by size class shows that the bulk of gold (81.53%) concentrates in the thinnest classes smaller than 50 microns. At the same time, 63.63% of all gold passes into the thinnest class of -20 + 0 microns, and its content is 2.3 g/t. The sorption leaching of flotation tailings using activated carbon was investigated: the extraction of gold into the solution resulted in 62.52% with a leaching duration of 20 hours.

Key words: tails, mineral, distribution, gold, content, cyanidation, sorption, extraction.

Введение. Техногенные отвалы нередко могут конкурировать по содержанию и запасам со вновь открываемыми сегодня месторождениями. Вовлечение в переработку этих отходов позволит не только получить дополнительную продукцию, но и снизить экологический ущерб окружающей среде [1-3].

В индустриально развитых странах мира уровень использования промышленных отходов достигает 70-80%, тогда как в Казахстане и ближнем зарубежье он не превышает 10-12%.

Вовлечение в разработку запасов хвостохранилищ облегчается тем, что при этом не требуются подготовительные работы по добыче сырья. Лежалые хвосты обогатительных фабрик подготовлены для извлечения металлов современными методами, к тому же сводится к минимуму загрязнение окружающей среды.

Техногенные месторождения по содержанию полезного компонента в руде являются более бедными, чем изначальные, но при этом они обладают следующими преимуществами: минеральное сырье извлечено из недр и находится в близости к участку переработки, рудная масса измельчена и складировано в определенном месте.

До извлечение «тонкого золота» из лежалых хвостов обогатительных фабрик становятся экономически выгодным благодаря новым технологическим решениям и росту цен на золото. В связи с этим разработка технологий обогащения золотосодержащего техногенного сырья является актуальной задачей для золотодобывающей отрасли.

Целью работы является разработка технологических решений по извлечению золота из лежалых хвостов флотационного обогащения.

Методы анализа. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре D8 Advance (BRUKER),

использовалось излучение $\alpha - \text{Cu}$. Полуколичественный рентгенофазовый анализ проводился по дифрактограммам проб в виде порошка. При проведении анализа использовали равные навески и искусственные смеси, кроме того определяли количественные соотношения кристаллических фаз. Для обработки дифрактограмм и для расчета межплоскостных расстояний использовали программное обеспечение EVA и данные картотеки ASTM Powderdiffractionfile [4-5].

Проведен ситовый анализ золотосодержащих хвостов для определения гранулометрического состава исходного материала. Для рассева использовали набор проволочных сит с квадратными отверстиями, соответствующим стандартной шкале сит с постоянным модулем $\sqrt{2} = 1,414$ по шкале Тайлера. Пробу хвостов рассеивали мокрым способом для повышенной точности анализа.

Результаты и их обсуждение. Хвосты флотационного обогащения, образованные в процессе флотации малосульфидной золотокварцевой руды с бедным содержанием серебра представляют собой продукт с содержанием золота 1,91 г/т.

Рентгенофазовым анализом определен фазовый состав хвостов флотации (рис. 1). По данным рентгенофазового анализа в исследуемой пробе хвостов установлены следующие минералы: кварц, мусковит, серицит, полевой шпат и хлорит.

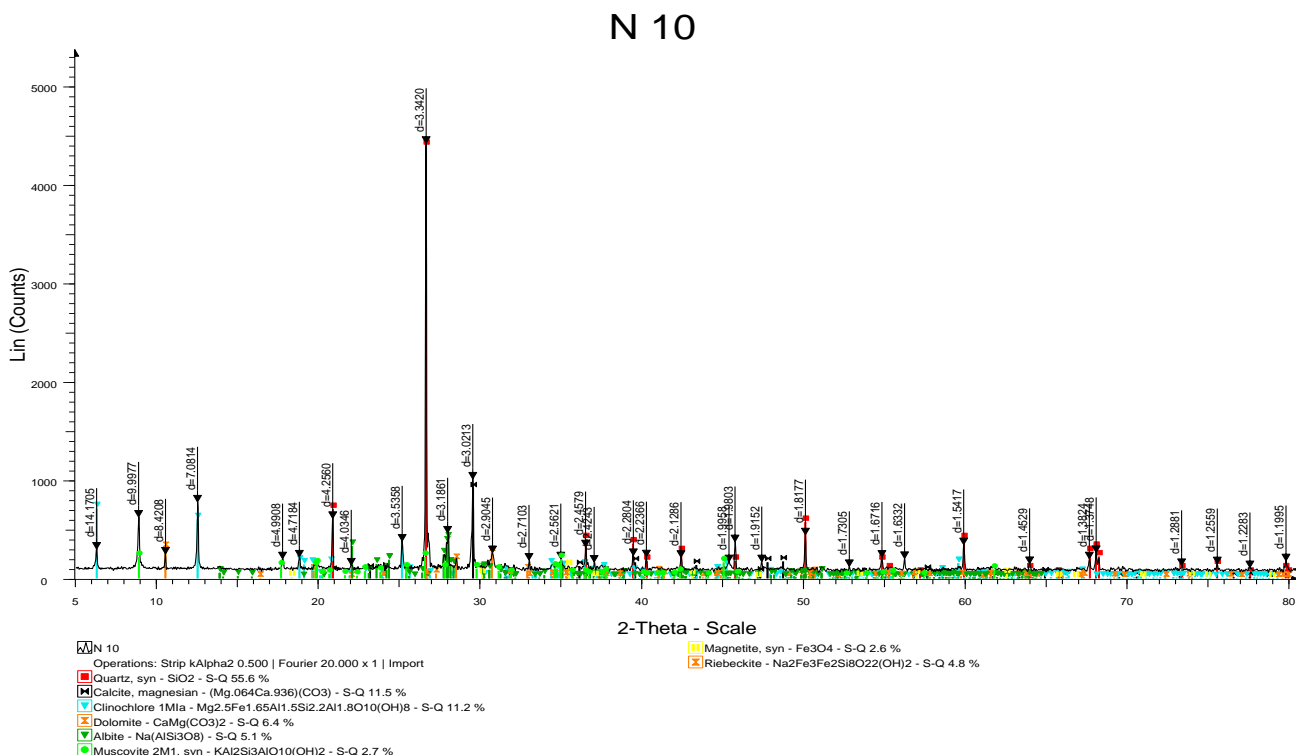


Рис. 1. Дифрактограмма хвостов флотационного обогащения.

Результаты распределения золота по классам крупности представлены в таблице 1.

Таблица 1

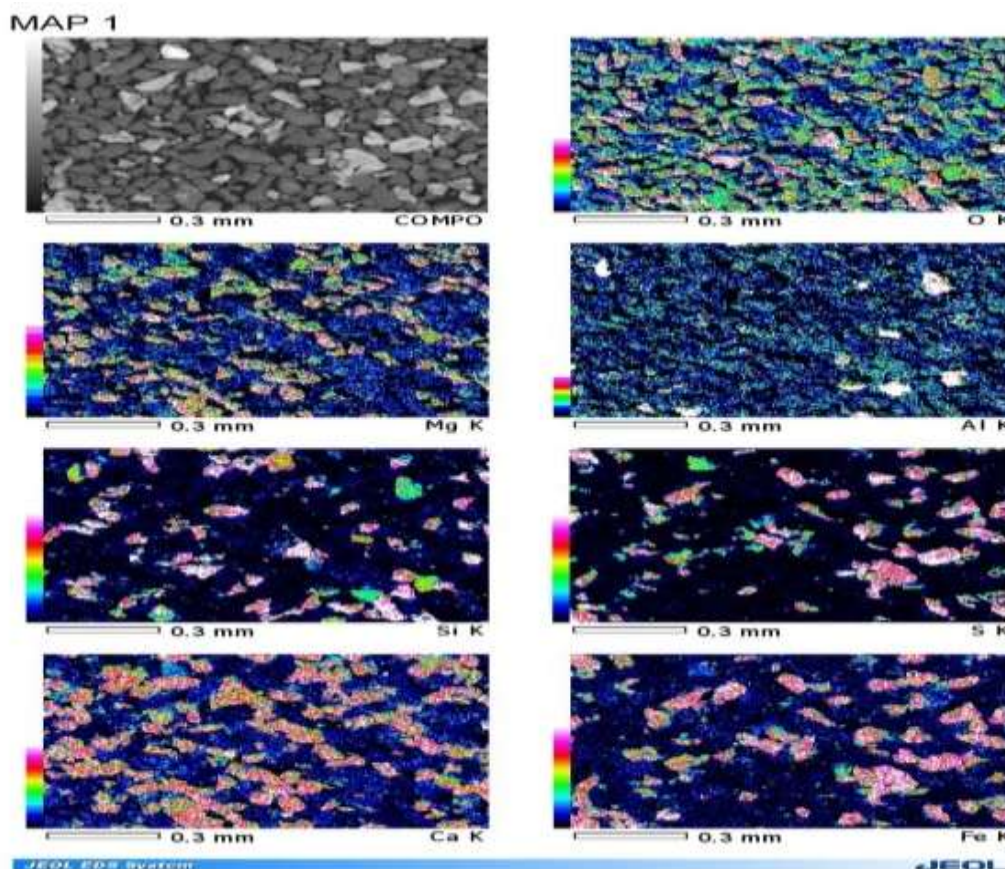
Результаты распределения золота по классам крупности

| Классы крупности, мм | Выход классов, % | Содержание золота, г/т | Распределение золота, % |
|----------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| +0,28 | 1,95 | 2,6 | 2,65 |
| -0,28+0,14 | 3,1 | 1,8 | 2,91 |
| -0,14+0,10 | 3,0 | 1,2 | 1,88 |
| -0,10+0,074 | 6,9 | 1,5 | 5,41 |
| -0,074+0,05 | 11,95 | 0,9 | 5,62 |
| -0,05+0,020 | 20,15 | 1,7 | 17,9 |
| -0,020+0 | 52,95 | 2,3 | 63,63 |
| Исходная | 100,0 | 1,91 | 100,0 |

Полученные данные показывают, что основная масса золота (81,53%) сосредотачивается в наиболее тонких классах мельче 50 мкм.

Продукты ситового анализа пробы лежалых хвостов ЗИФ изучались на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8230. На двусторонней клейкой электропроводящей углеродной ленте фирмы NISSHIN EM Co. LTD размещались пробы образцов

Результаты энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС - анализа) «с площади» класса крупности - 0,071+0,05 мм (при увеличении $\times 100$), приведены на рисунке 2, которые позволяют оценивать концентрацию элементов на поверхности. Основное количество РЭМ-снимков сняты в режиме обратнорассеянных электронов (СОМРО), с помощью которого можно получить более качественные изображения таких образцов. При проведении ЭДС-анализа был выбран ток пучка порядка 10 нА.



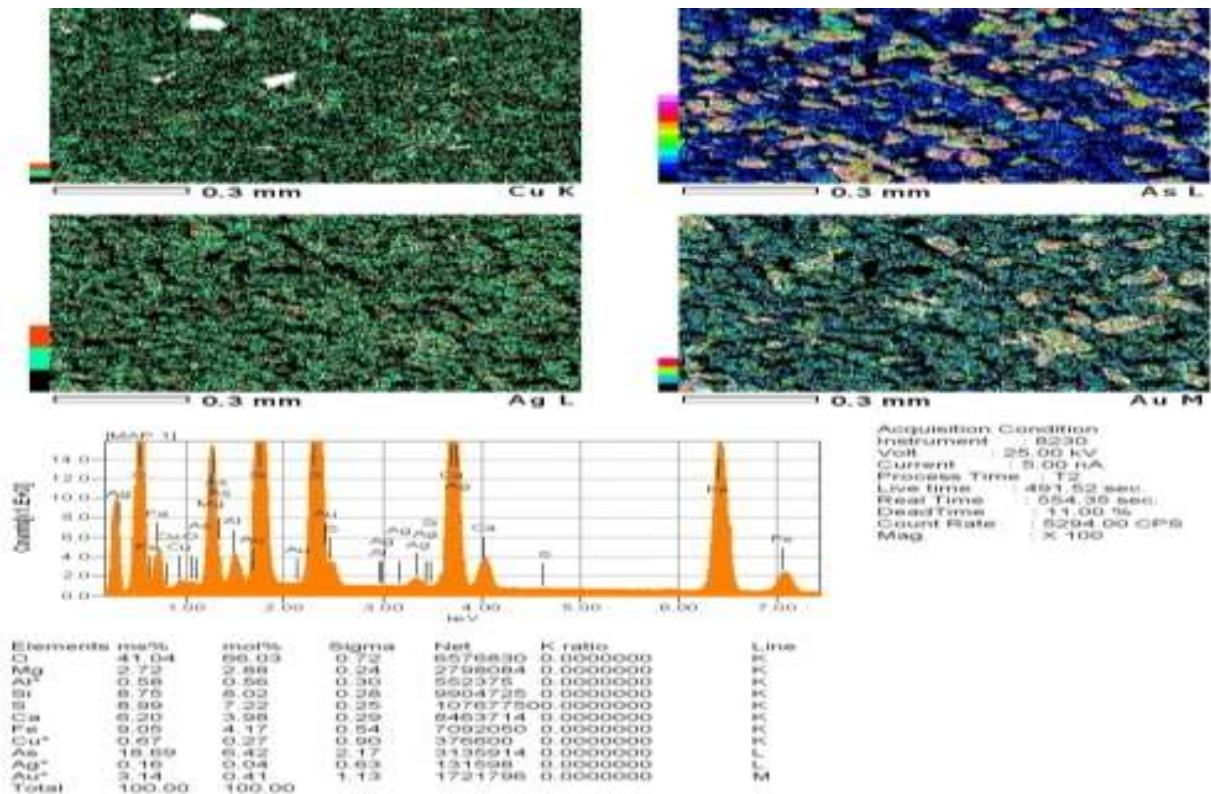


Рис. 2. Микроанализ с площади пробы класса крупности – 0,071 + 0,05 мм (увеличение x100).

Полученные данные ЭДС – анализа показали, что наибольшее содержание золота отмечено в пробе класса – 0,071+0,05 мм, которое составляет 3,14 масс. %. В пробе класса крупности – 0,071+0,05 мм наблюдаются также максимальные концентрации железа – 9,05 масс. %, мышьяка – 18,69 масс. %, серы – 8,99 масс. % по сравнению с другими классами крупности.

Выщелачивание в цианистых растворах – основной способ извлечения золота из руд, как в традиционной технологии, так и при геотехнологической добыче.

Метод цианидного выщелачивания при переработке золотосодержащих руд обеспечивает достаточно высокие технологические показатели.

Пробы золотосодержащих хвостов обогащения выщелачивали цианидными щелочными растворами, содержащими 1 г/дм³ NaCN, при T : Ж = 1:1,5, температуре 20°C. Эксперименты по выщелачиванию осуществлялись при механическом перемешивании с одновременной подачей воздуха. Пульпу после выщелачивания отфильтровывали и полученные после выщелачивания растворы анализировали на содержание Au и остаточную концентрацию CN⁻.

Результаты сорбционного цианирования хвостов флотации в присутствии активированного угля приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты сорбционного цианирования хвостов флотации

| Показатели | Продолжительность, ч | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 16 | 20 |
| Концентрация цианида, %: | | | | | | | |
| - начальная | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| - конечная | 0,045 | 0,04 | 0,046 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| Расход цианида, кг/т | 0,075 | 0,15 | 0,15 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 |
| Растворилось Au, мг | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| Извлечение золота в раствор, % | 26,09 | 34,78 | 43,80 | 52,17 | 56,52 | 59,50 | 62,52 |
| Масса осажденного золота на уголь, мг/г | 0,035 | 0,065 | 0,085 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,13 |
| Извлечение растворенного золота на уголь, % | 58,33 | 81,25 | 85,0 | 91,67 | 92,31 | 100 | 100 |

Экспериментальные данные показывают, что при сорбционном цианидном выщелачивании хвостов обогащения извлечение золота в раствор составляет 62,52% при продолжительности выщелачивания - 20 часов. Исследован состав растворов после выщелачивания с помощью ИК- спектроскопии (рис. 3).

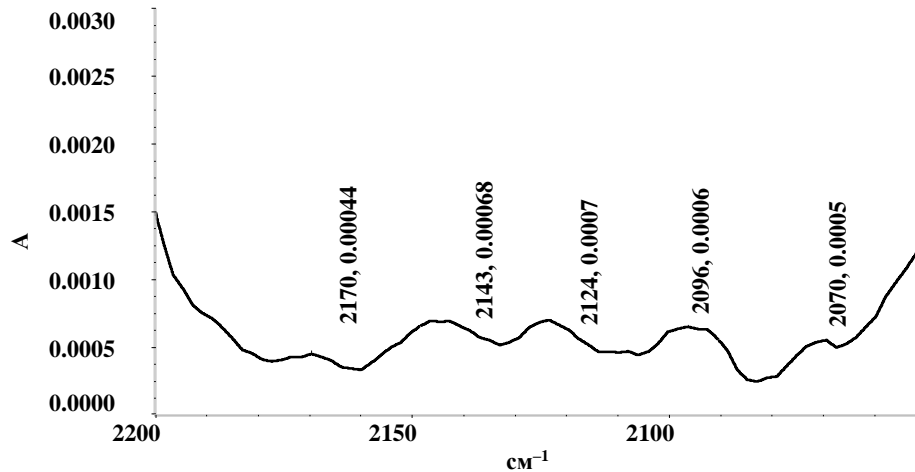


Рис. 3. ИК-спектр раствора после выщелачивания в диапазоне 2200–2000 cm^{-1} .

ИК-спектр показывает присутствие цианокомплексов типа: $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ – 2143 cm^{-1} ; $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ – 2124 cm^{-1} ; $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ – 2124 cm^{-1} ; $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ – 2096 cm^{-1} . Группа $[\text{NCS}]^-$ – 2070 cm^{-1} . Максимум поглощения при волновом числе 2170 cm^{-1} может соответствовать валентным колебаниям ν (CN) мостиковых цианогрупп и мостиковых тиоцианогрупп [6].

Таким образом, изучен процесс сорбционного выщелачивания хвостов флотационного обогащения с использованием активированного угля: извлечение золота в раствор равно 62,52% при продолжительности выщелачивания – 20 часов.

Литература:

1. Ерденова М.Б., Койжанова А.К., Камалов Э.М., Абдылдаев Н.Н., Абубакриев А.Т. Доизвлечение золота из отходов переработки золотосодержащих руд Казахстана. // Комплексное использование минерального сырья 2018. - №2. - С. 12-20.
2. Каплунов Д.Р., Милкин Д.А. Современные проблемы комплексного освоения месторождений / Горный журнал Казахстана. 2009. - №4. - С. 8-11.
3. Бочаров В.А., Абрютин Д.В. Технология золотосодержащих руд: Монография. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. - 427с.
4. Moenke H. Mineralspektren, Acad. Verlag, Berlin, 1962, 394S.
5. HR Minerals (600 spectra). Thermo Fisher Scientific Inc. for Nicolet FT-IR. 2008.
6. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. - М., 1966. - 290 с.