

ПОДГОТОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЫ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛЬМАКИР К ЛАБОРАТОРНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

Холикулов Д.Б.,

Самандаров И.Р.

Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического
университета

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является подготовка технологической пробы окисленных медных руд месторождений Кальмакир АО «Алмалыкского ГМК» к лабораторным испытаниям. Для определения и анализа химического, минералогического и гранулометрического состава технологической руды, влажности, плотности осуществляется опробование (совокупность операций отбора проб, обработки и подготовки их к анализу). При опробовании необходимо использовать только представительные пробы, т.е. части материала, обладающих свойствами всей массы опробуемого материала.

Ключевые слова: *руда, медь, технологическая проба, извлечение, отвал, схема подготовки, удельная вес, методика разделки.*

ABSTRACT

The purpose of the study is to prepare a technological sample of oxidized copper ores from the Kalmakir deposits of Almalyk MMC JSC for laboratory tests. To determine and analyze the chemical, mineralogical and granulometric composition of technological ore, humidity, density, sampling is carried out (a set of operations of sampling, processing and preparing them for analysis). When testing, it is necessary to use only representative samples, i.e. parts of the material that have the properties of the entire mass of the material being tested.

Key words: *ore, copper, technological sample, extraction, dump, preparation scheme, specific gravity, cutting technique.*

ANNOTATSIYA

Tadqiqot maqsadi “Olmaliq KMK” AJ Qalmoqqir konlaridan oksidlangan mis rudalarining texnologik namunasini laboratoriya sinovlari uchun tayyorlash. Texnologik rudaning kimyoviy, mineralogik va granulometrik tarkibini aniqlash va tahlil qilish uchun namlik, zichlik, namuna olish (namuna olish, qayta ishlash va ularni tahlilga tayyorlash operatsiyalari majmuasi) amalga oshiriladi. Sinov paytida

faqat vakillik namunalaridan foydalanish kerak, ya'ni, tekshirilayotgan materialning butun massasining xususiyatlariga ega bo'lgan materialning qismlari olinadi.

Kalit so'zlar: ruda, mis, texnologik namuna, qazib olish, quyish, tayyorlash sxemasi, solishtirma og'irlik, kesish texnikasi.

По мнению ряда аналитиков, сегодня покупка меди является самой привлекательной сделкой из-за огромного несоответствия спроса и предложения на этот металл, так что в итоге он может вырасти до \$15 000 за тонну, пишет Business Insider. С начала года медь выросла более чем на 21%, и согласно оценкам, в ближайшие пару лет она прибавит еще примерно 46 %. И если спрос на этот товар будет только расти, то инвестиций и добычи по-прежнему не хватает [1].

Узбекистан занимает третье место в мире по добыче меди среди стран СНГ, ежегодно обеспечивая около 4 % мирового рудничного производства. Узбекистан зарабатывает на продаже медной продукции \$2,5 млрд долларов, при этом около 60 % этого металла экспортируется в виде сырья. Ожидается, что к 2030 году мировой спрос вырастет на 40 % в связи с ростом производства электромобилей и электротехники. Минэкономразвития рекомендует освоить производство электрозаправок на базе медного кластера Алмалыкского ГКМ, а также электромобилей и электробусов [2].

Медные руды разделяются по содержанию меди на богатые с содержанием меди более 0,7 % для руд медно-порфировых месторождений (для месторождений других типов более 2 %), среднего качества (рядовые) с содержанием меди более 0,3 % (для других типов более 1 %), бедные с содержанием менее 0,2% (от 0,7 до 1 % для других типов). По степени окисления руды медных месторождений подразделяются на сульфидные, смешанные и окисленные. Критерием для отнесения руд к тому или иному типу служит процентное содержание меди в оксидной форме: для сульфидных руд - до 10 %; смешанных - 11-50 %; окисленных - более 50%. Для каждого месторождения эта цифра уточняется в процессе технологических исследований [3].

В настоящее время проводятся научные исследования по использованию ряда методов переработки окисленных медных руд [4-10]. Ни одно лабораторное и научное исследование невозможно без отбора проб. При этом для получения точного и достоверного результата важно, чтобы процедура была проведена в соответствии с регламентом. Если же требования были

нарушены, то итоговый результат будет искажен, а полученные данные нельзя будут использовать.

В зависимости от вида испытаний меняются места и техники проботбора, но при этом сама подготовка фактически остается неизменной и единой для всех. В первую очередь до начала процедуры необходимо изучить всю документацию, которая касается предстоящего исследования. Далее выбрать способ отбора, подготовить весь необходимый инструментарий - оборудование и посуду для самого отбора, транспортировки и дальнейшего хранения образцов. Также заблаговременно стоит определить метод хранения полученного материала.

Вне зависимости от типа лабораторных испытаний сбор образцов происходит в соответствии с одними и теми же принципами: образец должен точно отражать состав анализируемого объекта; образец не должен изменяться со своим свойствам или составу во время отбора, хранения и транспортировки; объем образца должен быть достаточным для проводимого испытания.

По результатам отборки образцов специалистам необходимо составить акт как минимум в двух экземплярах, в котором должны быть указаны следующие данные: наименование образца, цель отбора проб, дата, время и место, количество и масса взятого на исследование материала, условия, при которых был произведен отбор. Также к акту полагается прикреплять дополнительные материалы, необходимые для четкой идентификации (карты-схемы, ситуационные планы, температурный лист логгера и т.д.).

Для определения и анализа химического, минералогического и гранулометрического состава технологической руды, влажности, плотности осуществляется опробование (совокупность операций отбора проб, обработки и подготовки их к анализу). При опробовании необходимо использовать только представительные пробы, т.е. части материала, обладающих свойствами всей массы опробуемого материала.

Опробование сопутствует любому процессу обогащения, поскольку только сопутствующими измерениями возможно определить качество исходных и конечных продуктов и расчет технологических показателей.

Цель опробования – получение необходимой информации о свойстве окисленной медной руде месторождений Кальмакир. При опробовании отбирали пробы руды массой 1 т. Из отобранной пробы определили следующих параметры: влажность руды, плотность руды, содержание металлов в руде, гранулометрический состав измельченной руды.

Масса лабораторной пробы должна учитывать массу получаемых продуктов обогащения, необходимую для последующей переработки методами глубокого обогащения. Масса полупромышленных технологических проб колеблется в широких пределах. Она зависит, главным образом, от производительности опытной установки и времени переработки руды, необходимых для получения представительных данных по производительности оборудования и составления технологического баланса металлов [11].

Отобранная проба должна характеризовать состав и свойства того материала, от которого она была отобрана, т.е. она должна быть представительной. Поэтому большое значение имеют масса пробы, метод ее отбора и обработки. Масса пробы зависит от крупности, физико-химических свойств продукта, требуемой точности пробова и анализа. Зависимость массы пробы от размера кусков опробуемого материала выражается зависимостью, которая называется формулой Чечотта: $Q = kd^2$, кг,

где, d – размер максимального куска опробуемого материала, мм;

k – коэффициент, зависящий от однородности опробуемого материала, содержания в нем металла и его ценности. Коэффициент k зависит от однородности материала и тем больше, чем ценнее металл, содержащийся в руде и неоднороднее опробуемый материал (табл. 1).

Таблица 1. Значения коэффициента k .

Категория однородности	Руды цветных и редких металлов
Весьма однородные	0,05
Однородные	0,1
Среднеоднородные	0,15
Неоднородные	0,2

Эти схемы обычно состоят из нескольких стадий, включающих операции дробления и измельчения, грохочения, перемешивания и сокращения. Последовательное дробление и измельчение проб осуществляется в дробилках, мельницах, избирателях при одновременном перемешивании и сокращении в зависимости от крупности материала. Таким образом, первичной пробы доводится до конечной при сохранении представительности ее. Перед каждым сокращением проба тщательно перемешивается для усреднения материала пробы по составу и крупности.

Пробы более 100 кг и крупности кусков 50-100 мм перемешивают методом кольца и конуса, для проб массой более 20-25 кг и при отсутствии крупных кусков применяется перемешивание методом перекачивания. При небольших количествах мелкоизмельченные пробы перемешиваются просеиванием через сито, размер отверстий которого в 2-3 раза больше размера максимальных кусков в пробе. При механическом перемешивании применяется специальное приспособление. После того, как проба тщательно перемешана, ее сокращают различными способами в зависимости от количества материала и его крупности. Ручное сокращение проб производится методом конуса с квартованием и методом квартования с вычерпыванием. Для сокращения материала крупностью менее 25 мм и тонкоизмельченного материала применяют кроме сократителей желобчатого типа с продольным сечением потока материал, механические сократители.

Методом квадратования отбирают пробы тонкоизмельченного материала на химический анализ. Для определения влажности руды, проводится сушка при температуре 105-110°C в течение 1 часа [12].

Общий смысл подготовки лабораторной технологической пробы к испытаниям понятен на примере подготовки пробы окисленных медных руд (рис. 1). На основании этой технологической схемы разработано специальная программа для электронных-вычислительных машин на языке программирования на Delphi Pascal 7.

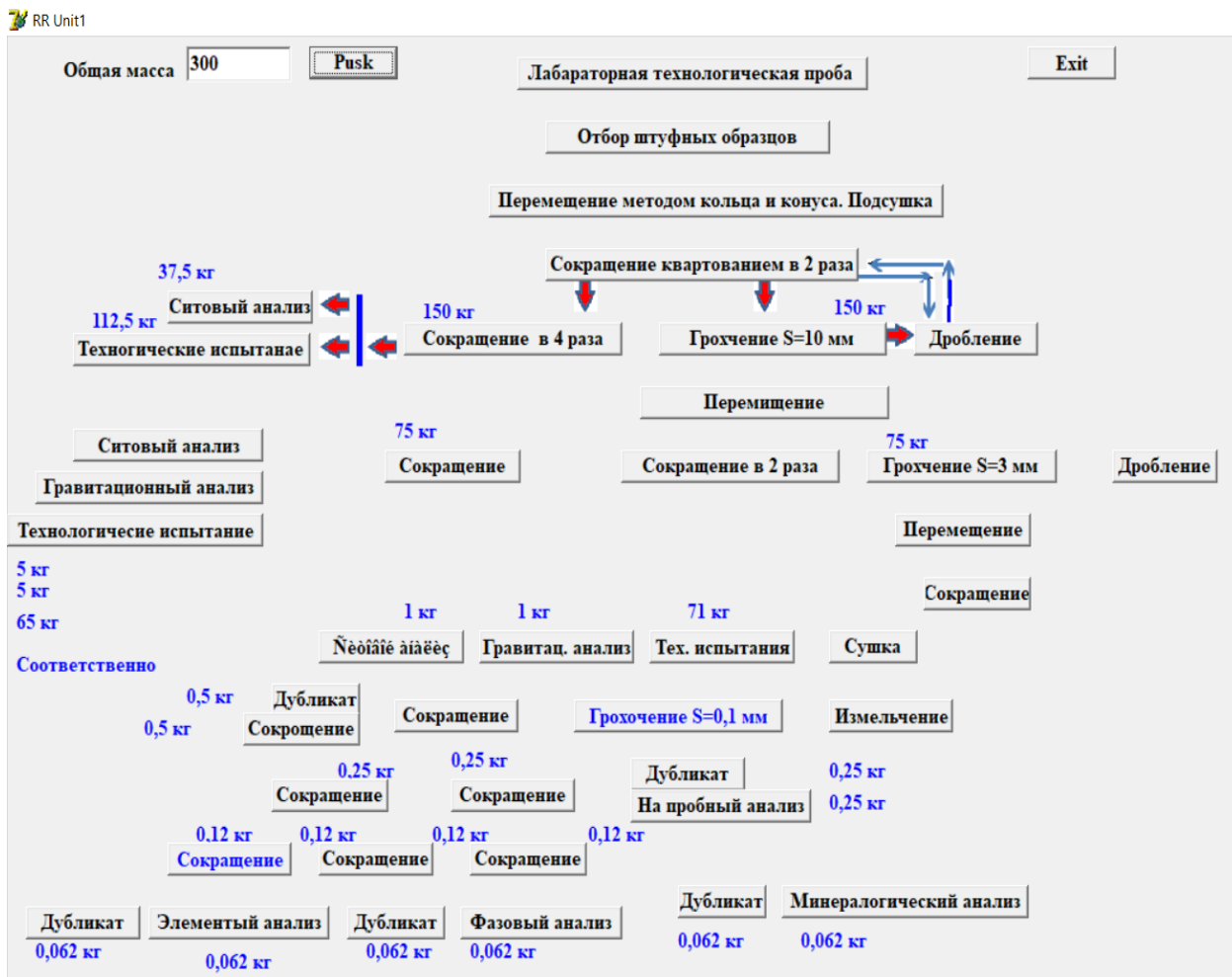


Рис. 1. Схема подготовки лабораторной технологической пробы окисленных медных руд к испытаниям.

Схема подготовки технологической пробы должна быть составлена с учетом особенностей изучаемой руды и поставленных задач [13]. Дробимость руды определялась по методике разработанной Уралмеханобром [14].

Методика определения насыпного веса окисленной медной руды. Насыпной (объемный) вес определяется с помощью тарированного сосуда цилиндрической формы с известным объемом A и весом P . Сосуд заполняют материалом удельным весом δ до краев при встряхивании сосуда. Избыток удаляют сверху линейкой или стеклянной палочкой.

Насыпной вес материала определяют по формуле: $\Delta = \frac{P_1 - P}{A}$,

где, Δ – насыпной вес материала, kg/m^3 ;

P_1 – вес сосуда с материалом, kg ;

A – объем сосуда, m^3 ;

P – вес пустого сосуда, kg .

Пористость материалов (B) определяют по формуле: $B = \frac{\delta - \Delta}{\delta}$,

где, δ – удельный вес, kg/m^3 .

Для определения % влажности материала сосуд с материалом высушивается. Процент влажности определяется по формуле: $\%_{\text{вл}} = \frac{100(P_2 - P)}{P_1 - P}$,

где, P_2 – вес высушенного сосуда с материалом, kg .

Методика определения удельного веса окисленной медной руды.

Определение удельного веса производят с помощью пикнометра или небольшой мерной колбы.

Пикнометр промывают горячей смесью бихромата калия и серной кислотой, затем водопроводной и дистиллированной водой, высушивают и взвешивают. Затем наполняют до метки дистиллированной водой и снова взвешивают. Далее в сухой пикнометр высыплют навеску материала около 5-10 g и взвешивают пикнометр с материалом. После этого в пикнометр доливают на $2/3$ дистиллированной водой. Поворачиванием и встряхиванием удаляют воздух из материала до прекращения выделения пузырьков, после чего пикнометр помещают на 2 h в вакуум-эксикатор для полного удаления воздуха и полного смачивания минеральных частиц. Затем пикнометр вынимают из эксикатора, доливают дистиллированной водой до метки и взвешивают.

Расчет ведут по формуле: $\delta = \frac{A - B}{(C + A) - (D - B)}$, g/cm^3 ,

где, B – вес сухого пикнометра, g ;

A – вес сухого пикнометра с материалом, g ;

C – вес пикнометра с водой, g ;

D – вес пикнометра с водой и материалом, g .

По проведенным исследованиям определяли удельный вес окисленной медной руды – $2,68 \text{ g/cm}^3$.

Методика разделки проб окисленной медной руды. Разделка проб проводили при включенной вентиляции. Перед началом работы готовили рабочее место, протирали инструменты и остужали пробы. Остывшую пробу взвешивали, результаты взвешивания заносили в рабочий журнал. Пробу освобождали от тары и раскатывали скалкой на клеенке. После этого пробу собирали в кучу и просеивали через самое крупное сито. Остаток на сите взвешивали. Подрешетный продукт просеивали через сито меньшего размера. Пробу просеивали через сита с диаметром отверстия 50 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm, 8 mm, 5 mm, 3 mm, 1 mm и 0,5 mm. Класс –1 mm перемешивали перекатыванием на клеенке 100 раз. В конце перемешивания материал

собирали в центре и получившуюся кучу разравнивали. Полученный тонкий слой материала делили на квадраты и отбирают 250 g.

Навеску материала промывали через сито (0,074 mm) на вибросите до получения чистого слива. Материал, оставшийся на сите, смывали в чашку, высушивали и просеивали на наборе сит, включая и то сито, через которое проводилась отмывка. Каждый класс взвешивали. При просеивании пробы были получены следующие результаты:

Класс крупности, мм	Выход, g	Выход, %
-50+30	27,75	11,1
-30+20	25,5	10,2
-20+10	36,25	14,5
-10+8	8,75	3,5
-8+5	17,75	7,1
-5+2	33,5	13,4
-2+1	21,5	8,6
-1+0,5	16,75	6,7
-0,5+0,0	62,25	24,9
Итого	250	100,00

Таким образом, отбор проб - это одна из важных стадий проведения анализа, точность и достоверность результатов зависят не только от современного оборудования и опытных специалистов, но и от соблюдения требований к отбору проб. Ошибки, допущенные при отборе проб, могут исказить результаты лабораторных и научных испытаний.

Масса лабораторной пробы должна учитывать массу получаемых продуктов обогащения, необходимую для последующей переработки методами глубокого обогащения.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. <https://ru.investing.com/news/commodities-news/article-2422561>
2. <https://www.gazeta.uz/ru/2021/10/11/copper/>
3. Временная инструкция по применению классификации запасов к месторождениям медных руд. Зарегистрирована Министерством юстиции Республики Узбекистан от 26 августа 1997 года. Регистрационный № 360. <https://lex.uz/docs/777031>.

4. Холикулов Д.Б., Бекбутаев А.Н., Ниязметов Б.Е., Нормуротов Р.И. Переработка окисленных медных руд месторождения Кальмакир. Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований: труды V Конгресса с международным участием и конференции молодых ученых «ТЕХНОГЕН-2021». – Екатеринбург: УрО РАН, 2021 – 420 с. С. 132-135. http://technogen-ural.ru/uploadedFiles/files/inform/Sbornik_trudov_Tekhnogen_2021.pdf
5. D.D.Wu, W.H.Ma, Y.B.Mao, J.S.Deng, S.M.Wen. Enhanced sulfidation xanthate flotation of malachite using ammonium ions as activator *Sci Rep*, 7 (2017), p. 2086.
6. Холикулов Д.Б., Ниязметов Б.Е., Бекбутаев А.Н., Гайратов Б.Г. Исследование по извлечению меди из окисленных руд АО «Алмалыкский ГМК» агитационным сернокислотным выщелачиванием. // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* Холикулов Д.Б. [и др.]. 2022. 1(94). С. 46-51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-po-izvlecheniyu-medi-iz-okislennyh-rud-ao-almalykskiy-gmk-agitatsionnym-sernokislotnym-vyschelachivaniem>.
7. Исроилов А.Т., Ходжаев А.Р., Ниязметов Б.Е., Холикулов Д.Б. Обогащение забалансовых медных руд месторождения «Кальмакир» АО «Алмалыкский ГМК» // *Материалы междунар. науч.-практической. конф. «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК»*, г. Алмалык, 18–19 апреля 2019 г. – С. 58–60.
8. Li Z.L., Rao F., Song S.X., Uribe-Salas A., A.López-Valdivieso Reexamining the adsorption of octyl hydroxamate on malachite surface: Forms of molecules and anions *Miner Process Extr Metall Rev*, 41 (3) (2020), pp. 178-186.
9. Elchiyeva M.D., Xoliqulov D.B., Boltayev O.N. “Olmaliq KMK” AJ sharoitida oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash imkoniyatlari // *International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences*. 2024. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/olmaliq-kmk-aj-sharoitida-oksidlangan-mis-rudalarini-qayta-ishlash-imkoniyatlari>).
10. Cao S., Yin W., Yang B., Zhu Z., Sun H., Sheng Q., Chen K. Insights into the influence of temperature on the adsorption behavior of sodium oleate and its response to flotation of quartz *Int J Min Sci Technol*, 32 (2) (2022), pp. 399-409.
11. Отбор технологических проб при геологоразведочных работах на рудные полезные ископаемые. https://vims-geo.ru/media/documents/metodicheskiye_rekomendatsii_102.pdf

12. <https://www.techade.ru/stati/oprobovanie-rudy>
13. Козин В.З. Исследование руд на обогатимость: учебное пособие. – 3-е изд., перераб./ В.З.Козин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. 188 с.
14. Методика определения относительной дробимости руд и показателей работы промышленных дробилок (Уралмеханобр). – Свердловск, 1988, 14 с.