



## ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ И ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

**Sarvarbek Yuldoshev** <sup>1</sup>[0009-0007-4762-926X], **Madat Axmedov** <sup>2</sup>[0009-0007-7888-8483]  
**Doston O'rozov** <sup>3</sup>[0009-0002-2623-1600]

<sup>1</sup>Навоийский государственный горно-технологический университет, докторант,  
E-mail: [sarvarbek5775@gmail.com](mailto:sarvarbek5775@gmail.com)

<sup>2</sup>Навоийский государственный горно-технологический университет, докторант,  
E-mail: [axmedovmadat5555@gmail.com](mailto:axmedovmadat5555@gmail.com)

<sup>3</sup>Навоийский государственный горно-технологический университет, магистр,  
E-mail: [urozovd77@gmail.com](mailto:urozovd77@gmail.com)

**Аннотация.** Было рассмотрено, что Cu, Fe и Mn вредны для нашей окружающей среды, необходимо наше внимание к восстановлению воды, которая была загрязнена этими металлами, а также при выпуске без обработки и восстановления, она будет вредна для земли и почвы для нашей окружающей среды. Токсичные отходы горнодобывающей промышленности являются проблемой, вызывающей более серьезную озабоченность как для промышленности, так и для правительства. Несколько отвалов медных хвостов были заброшены и недостаточно стабилизированы. После того, как хвосты, содержащие токсичные минералы и остаточные металлы, контактируют с разбавителями, такими как дождевая вода, они образуют кислую шахтную воду, которая может выщелачивать металлы в грунтовые воды, реки и ручьи. Влияние различных добавок HCl было исследовано при фиксированном Т:Ж 1:2. Температура выщелачивания была установлена на 40 °С, и выщелачивание происходило в течение 2 часов.

**Ключевые слова:** медь, кислота, pH, хвост, концентрат, шлам, отсадка, цинк.

**Abstract.** It is clear that Cu, Fe and Mn are harmful to our environment, so we must remediate the water that has been contaminated with these metals. Releasing contaminated water without treatment and remediation will harm the land and soil. Toxic mining waste is a major concern for the industry and the government. Several copper tailings dumps have been abandoned and inadequately stabilized. These tailings contain toxic minerals and residual metals. When they come into contact with diluents such as rainwater, they form acidic mine water that can leach metals into groundwater, rivers and streams. The effect of different HCl additions was investigated at a fixed S:L of 1:2. The leaching temperature was set to 40 °C and leaching occurred for 2 hours.

**Key words:** copper, acid, pH, tailings, concentrate, sludge, jigging, zinc.

**Annotatsiya.** Cu, Fe va Mn atrof-muhitimizga zararli ekanligi aniqlandi. Bu metallar bilan ifloslangan suvni tozalashga e'tibor qaratishimiz zarur. Agar bu suvlar qayta ishlanmasa va tozalanmasa, yer va tuproqqa zarar yetkazishi mumkin. Kon sanoatining zaharli chiqindilari ham sanoat, ham hukumat uchun jiddiy muammoga aylanmoqda. Bir nechta mis chiqindilari tashlab ketilgan va yetarlicha barqarorlashtirilmagan. Tarkibida zaharli minerallar va qoldiq metallar mavjud bo'lgan chiqindilar yomg'ir suvi kabi suyultiruvchilar bilan aloqaga kirgach, kislotali kon suvini hosil qiladi. Bu suv yer osti suvlari, daryolar va soylarga metallarni ishqorlab o'tkazishi mumkin. Turli miqdordagi HCl qo'shimchalarining ta'siri belgilangan 1:2 qattiq:suyuq nisbatda o'rganildi. Tanlab eritish harorati 40 °C etib belgilandi va jarayon 2 soat davom etdi.

**Kalit so'zlar:** mis, kislota, pH, qoldiq, konsentrat, shlam, cho'ktirish, rux.

### Введение

Добыча металлов приводит к образованию значительного количества отходов. Они, как правило, имеют очень небольшую экономическую ценность, что делает их эксплуатацию нерентабельной, хотя они часто могут представлять долгосрочную угрозу и наносить ущерб окружающей среде. Отходы шахт различаются в зависимости от их физического и химического состава, типа добычи и способа



переработки минерала. Миллионы тонн руды перерабатываются каждый год горнодобывающей промышленностью, >95% из которых утилизируется в пустых породах и хвостах шахт. Последние представляют собой тонко измельченные частицы породы, образующиеся в процессе переработки рудных материалов и разделения целевых металлических минералов, и обладают высокой реакционной способностью из-за их малого размера частиц и содержания реакционноспособных минералов, таких как пирит ( $\text{FeS}_2$ ).

Шахтные хвосты могут содержать базовые переходные металлы, такие как железо, медь, никель и цинк, в относительно высоких концентрациях, а иногда и драгоценные металлы, такие как золото и серебро, в минералах (и самородных металлах), которые не были отделены пенной флотацией [1,2]. Токсичные элементы, такие как мышьяк, также могут присутствовать в повышенных концентрациях [3]. Воздействие кислорода и воды на шахтные хвосты способствует (катализируемому микробами) окислительному растворению сульфидных минералов, которые они содержат, образуя кислые сточные воды с повышенными концентрациями растворенных металлов и сульфатов. Кислотный шахтный дренаж (КШД) является широко известным загрязнителем окружающей среды с глобальным распространением [4].

Медные хвосты — это твердые отходы, остающиеся во время очистки драгоценной меди из медных руд. Утилизация медных хвостов является одной из важнейших экологических проблем на медном руднике. Чтобы предотвратить неконтролируемый выброс медных хвостов в атмосферу, на медных рудниках обычно имеются отвалы в виде плотины или пруда [5]. Это удобный способ хранения, когда хвосты обычно находятся в форме пульпы, когда их выгружают из концентратора. Однако для таких типов отвала в будущем также потребуется больше земли, а неспособность предоставить больше земли приводит к экологическим проблемам.

## Материалы и методы

Настоящее исследование было направлено на изучение извлечения металла из хвостов меди путем кислотного выщелачивания. Для этой цели образцы твердого материала были доставлены в лабораторию экологических ресурсов. Образцы твердого материала были измельчены в пестик и ступку. Для приготовления образцов были добавлены  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Образцы были помещены в шейкер, чтобы сделать их однородными примерно на разное время. Гомогенизированные образцы были отфильтрованы с помощью многофункциональной вакуумной насосной машины с циркуляцией воды таким образом, чтобы получить образцы жидкого фильтрата. Ожидаемый результат показал нам процент выщелоченного материала, определение тяжелых металлов и их общее содержание. Сначала pH фильтрата выщелачивания был отрегулирован путем добавления  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  для извлечения Fe. После этого Cu был извлечен путем добавления раствора  $\text{Na}_2\text{S}$ . Наконец, Mn был извлечен путем регулировки pH в фильтрате выщелачивания. Содержание связанной влаги определялось методом удельного веса. Исследовались параметры, влияющие на эффективность извлечения, такие как температура выщелачивания, количество добавленного выщелачивающего реагента, время выщелачивания и соотношение твердого вещества к жидкости при выщелачивании (Т:Ж, объемный вес). Для извлечения металлов из выщелачивающего продукта использовалось фракционное осаждение, принцип которого заключается в различии растворимости различных металлов. Извлечению металлов из фильтрата выщелачивания предшествовало фракционное осаждение путем добавления различных химических агентов. Статистический анализ был выполнен с помощью программного обеспечения SPSS и

Origin. Три повтора каждого образца были проанализированы для их статистического анализа. Результаты были выражены как среднее арифметическое  $\pm$  стандартное отклонение. Статистические данные были проанализированы с помощью Microsoft Excel 2020 и SPSS 19.0. Однофакторный дисперсионный анализ использовался для выявления статистической значимости различий между группами данных с уровнем значимости  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждения

Эффект добавления различных количеств HCl исследовался при фиксированном соотношении Т:Ж 1:2. Температура выщелачивания была установлена на уровне 40°C, а выщелачивание происходило в течение 2 часов. Как показано в таблицах 1 и 2, эффективность выщелачивания металлов постепенно увеличивалась с увеличением количества HCl. Метод показал эффективность выщелачивания  $0,032 \pm 0,011\%$  и  $0,041 \pm 0,020\%$  для Cu при добавлении 1,5 и 2 мл/г HCl. Для Fe эффективность выщелачивания  $17,40 \pm 3,58\%$  и  $15,92 \pm 2,44\%$  была получена при добавлении 1,5 и 2 мл/г HCl. Однако при добавлении 1,5 и 2 мл/г HCl было выщелочено  $0,38 \pm 0,021\%$  и  $0,38 \pm 0,01\%$  для Mn. Статистически наблюдалась незначительная ( $p < 0,05$ ) разница в эффективности выщелачивания Cu, Fe и Mn среди различных концентраций HCl (рис.1)

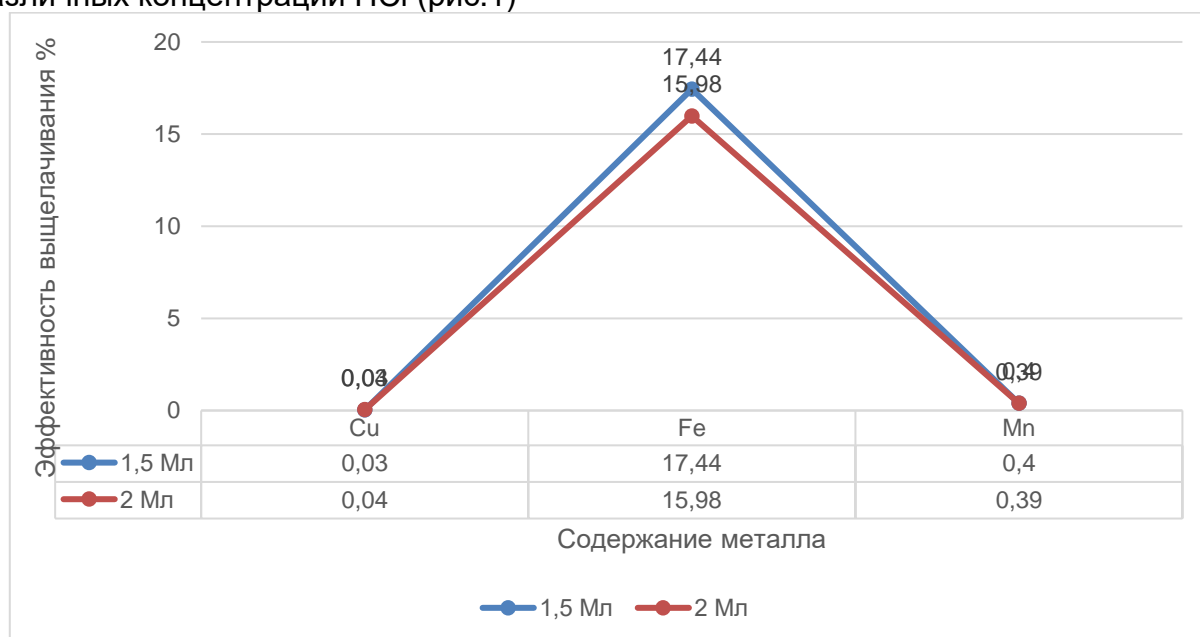
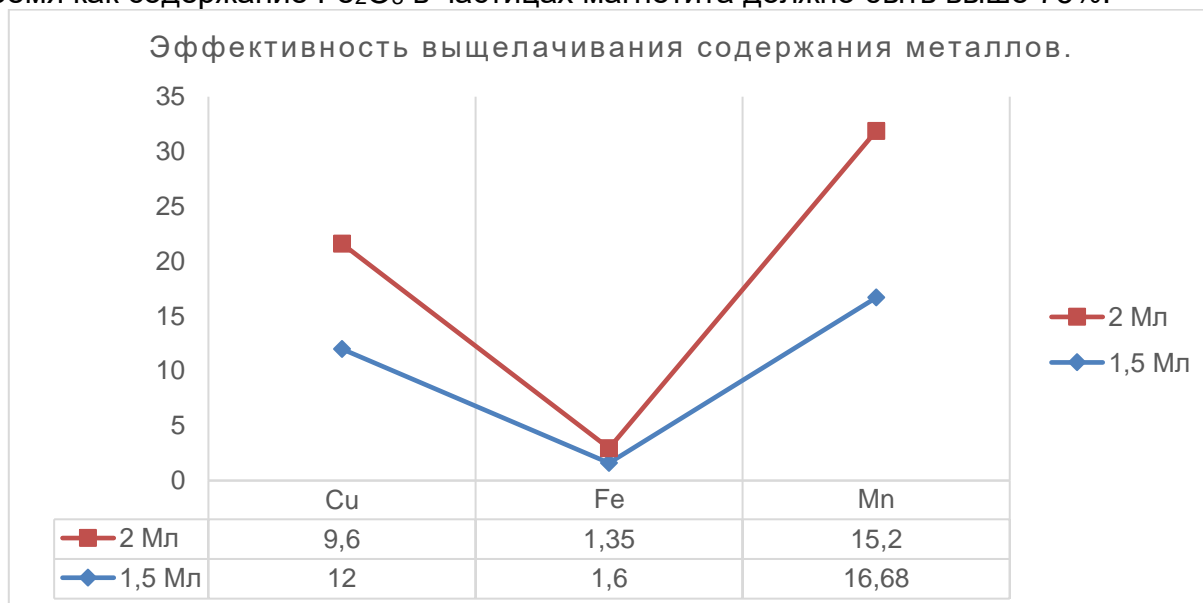


Рис.1. Эффективность выщелачивания по содержанию металлов.

Эффективность выщелачивания  $12,09 \pm 2,40\%$  и  $9,5 \pm 1,84\%$  для Cu была получена при добавлении 1,5 и 2 мл/г HCl. Для Fe эффективность выщелачивания  $1,5 \pm 0,11\%$  и  $1,35 \pm 0,05\%$  была получена при добавлении 1,5 и 2 мл/г HCl. Однако,  $16,54 \pm 5,21\%$  и  $15 \pm 2,49\%$  для Mn были выщелочены при добавлении 1,5 и 2 мл/г HCl. Статистически, была незначительная ( $p < 0,05$ ) разница в эффективности выщелачивания Cu, Fe и Mn среди различных концентраций HCl (рис.2).

Извлечению металла из фильтрата выщелачивания предшествовало фракционное осаждение путем добавления различных химических агентов. Сначала pH фильтрата выщелачивания был отрегулирован до 3,0 путем добавления  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  для извлечения Fe в виде гидроксида. После этого Cu и Zn были извлечены в виде их сульфидов металлов путем последовательного капельного добавления 0,5 мас. % водного раствора  $\text{Na}_2\text{S}$ . Значение pH раствора после осаждения Cu и Zn составляет

3,6 и 3,8 соответственно. Наконец, Mn был извлечен путем регулирования pH до 9,0 в фильтрате выщелачивания [6]. С помощью УФ-конверсии шлама Fe можно было получить частицы магнетита и применять их в лакокрасочной промышленности, в то время как содержание  $Fe_2O_3$  в частицах магнетита должно быть выше 75%.



**Рис.2. Эффективность выщелачивания содержания металлов методом XRF.**

Было обнаружено, что в основном шламы Cu и Zn и те, которые образовались в процессе осаждения сульфидов, представляли собой ковеллин и сфалерит, которые можно было бы очистить на плавильные заводы для извлечения металлов. Как правило, содержание Cu и Zn в шламе составляет около 0,5% и 2% для их флотационной очистки соответственно. В то же время содержание Cu и Zn в шламе составляло 19,5% и 33,5% соответственно. Содержание металлов в шламе выше этих спецификаций; поэтому шлам можно было бы очистить с помощью процесса флотации. Кроме того, Cu и Zn можно было бы получить в процессе плавки флотационных концентратов. Шлам Mn можно использовать в качестве цементного материала, а выщелачивание тяжелых металлов из затвердевших блоков будет незначительным.

## Закключение

На основе результатов анализа минерального состава были оценены температура выщелачивания, количество добавленной HCl, время выщелачивания и Т:Ж для эффективности выщелачивания. Количество добавленной HCl и Т:Ж сильно повлияло на эффективность выщелачивания. При оптимальных условиях температуры окружающей среды и атмосферного давления, 0,24 мл/г HCl, Т:Ж 1:2, скорости перемешивания 400 об/мин и времени выщелачивания 2 ч эффективность выщелачивания была достигнута для Cu, Fe и Mn соответственно. Fe и Mn были обогащены в виде гидроксидов

с помощью процесса фракционного осаждения, тогда как Cu был обогащен в виде сульфидов. Шламы Cu, Fe и Mn можно было бы дополнительно очистить полсе этого плавильные заводы для извлечения металлов, а при утилизации на переработку можно было бы решить экологические проблемы, вызванные хвостохранилищем. В то



время как повторное использование остатков выщелачивания требует дальнейшего рассмотрения с точки зрения его воздействия на окружающую среду.

### Список использованных литератур:

- [1]. Bryan C.G., Hallberg K.B., Johnson D.B. Mobilisation of metals in mineral tailings at the abandoned São Domingos copper mine (Portugal) by indigenous acidophilic bacteria // Hydrometallurgy –2015– № 83(1- 4): 184-194 pages.
- [2]. Ahmadi A, Khezri M, Abdollahzadeh AA, Askari M. Bioleaching of copper, nickel and cobalt from the low-grade sulfidic tailing of Golgohar Iron Mine, Iran. // Hydrometallurgy –2015– № 154: 1-8 pages.
- [3]. Lee M.H., Park H.J., Lee J.U. Bioleaching of arsenic and heavy metals from mine tailings by pure and mixed cultures of Acidithiobacillus spp // Journal of Industrial and Engineering Chemistry –2015– № 21: 451-458 pages.
- [4]. Tolibov I.B., Akhmedov M.S., Yuldoshov S.M..Mis sanoati chiqindilar tarkibidan metallarni ajratib olishni tadqiq qilish // Цифровые технологии в промышленности №2 / 2023 19 стр.
- [5]. Yuldoshev S.M., Ibotov B.O. Yoshlik konining optimal rejimda mahalliy va xorijiy flotareagentlar orqali olingan natijalari // Научный импульс № 4 (100) Ноябрь 2022 г. 375-378 стр
- [6]. Tolibov I.B., Akhmedov M.S., Yuldoshov S.M. // Journal of Advances in Engineering Technology, 2023 Flotatsiya jarayoni yaxshilash uchun mis shlaklarining kristall holatini  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  bilan optimallashtirishni tadqiq qilish. 66-75 bet