

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ХАЛЬКОПИРИТА И МОЛИБДЕНИТА В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
«ЁШЛИК I»**

Ибрагимов И. С.

Старший преподаватель кафедры “Горного дела” Алмалыкского филиала
Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова

Аннотация:

На сегодняшний день в связи со снижением содержания полезных компонентов в рудах и расширением областей их использования добыча и обогащение цветных, местных и редких металлов является одной из актуальных проблем. Решение этих задач позволит сформировать новые теории и технологии, новые идеи в области переработки полезных ископаемых, что в свою очередь приведет к созданию передовой техники и технологий, охраны окружающей среды, новых методов комплексной переработки горнорудного сырья. Для этого в первую очередь необходимо знать характеристику сырьевой базы, распределение полезных ископаемых, входящих в состав руд и содержащихся в них пустых пород, распределение ценных компонентов и вредных примесей, а также их специфические структурно-текстурные свойства.

Ключевые слова: измельчения, медно-молибденовые руды, селективности, селективное разрушение гранулометрический анализ, карбонаты меди, халькопирит, вредные примеси.

Introduction

Эффективность схем обогащения руд и переработки концентратов, обеспечивающая полное извлечение полезных компонентов и получение широкого спектра продуктов, достигается обычно за счет использования следующих принципиальных методических приемов: селективной подготовки крупнокусковых минералов исходной руды к обогащению и обогащения в магнитных, гравитационных, электрических сепараторах, селективных флотационных методах, а также создания рационального сочетания технических средств при выборе оптимального комплекса химико-металлургических процессов переработки обогащаемых в них продуктов (концентратов, промпродуктов, шламов) и труднообогатимых руд.

Сегодня в области сверхтонкого измельчения научно обосновываются и разрабатываются альтернативные энергоэффективные методы усиления воздействия энергии на твердую и жидкую фазы труднообогатяемого сырья. Внедрение этих методов позволяет значительно повысить полноту и комплексность использования полезных ископаемых.

Для изучения измельчаемых свойств и вещественного состава руд рассмотрим в качестве примера образцы руд месторождения «Ёшлик-I». Руды месторождения «Ёшлик-I» относятся к медно-порфировому типу.

На долю медно-порфировых месторождений приходится 50–60% мирового производства меди и более 95% молибдена. Эти руды являются одним из основных источников не только Cu и Mo, также Re, W, In, Pt, Pd, Au, Ag, и Sn.

Основным методом обогащения медно-молибденовых руд является флотация, при которой вначале получают коллективный медно-молибденовый концентрат, который затем разделяют на медный и молибденовый концентраты.

Основными ценными полезными ископаемыми являются медь (в среднем 0,30%) и молибден (0,0050%), а сопутствующими минералами — золото, серебро, селен, рений и теллур. Это месторождение уникально по запасам меди и молибдена: основными рудными минералами являются халькопирит и молибденит. Минеральный состав и текстура руд отражают многостадийный гидротермальный процесс, связанный с образованием месторождений молибдена.

По данным, представленным в таблице 1, установлено, что химический состав руды на 87,68% представлен литофильными компонентами. Основным из них является оксид кремния, доля которого составляет 51,6%. Содержание глинозема составляет 15,29%. Суммарное содержание щелочных и щелочноземельных металлов составляет 16,03%. Содержание углерода составляет 0,25 и встречается во всех карбонатах.

Таблица 1.4 – Химический состав руды месторождения «Ёшлик I»

Элементы, компоненты	Массовая доля, %	Элементы, компоненты	Массовая доля, %
SiO ₂	51.6	Fe oksid	4.51
Al ₂ O ₃	15.29	S umum	1.33
CaO	5.83	S sulfat	0.66
K ₂ O	3.48	Cu	0.30
Na ₂ O	1.96	Zn	0.015
MgO	4.76	Pb	0.017
P ₂ O ₅	0.22	Ba	0.048
C umum	0.25	Mo	0.0054
Fe umum	65.12	Ni	0,0019
Fe sulfat	0.61		

Элементы, образующие руду, представлены железом и серой. Содержание железа составляет 5,12-6,45%, массовая доля серы — 1,33-2,74%. В образце «Калмакыр» сера полностью содержится в сульфидах. В образце руды «Ёшлик-I» сера распределена в равных пропорциях в сульфидном и сульфатном составе.

Полезные компоненты: медь – 0,3-0,41%, молибден – 0,0045-0,0054%, золото и серебро близки к составу руд «Калмакыр».

Для определения оксидной формы меди в руде был проведен фазовый анализ. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 Фазовый анализ меди в оксидной руде

Величина	Формы меди		
	Сульфидная	Окисленная	Всего
Абсолютная	0,29	0,01	0,30
Относительная	96,7	3,3	100

Согласно данным таблицы 2, медь практически полностью находится в сульфидной форме и составляет 96,7. Только 3,3% минералов меди присутствуют в окисленной форме, что составляет 0,01% от абсолютного содержания.

Другие цветные металлы, а также вредные примеси, такие как мышьяк, сурьма и ртуть, составляют не более одной сотой и одной тысячной доли процента.

Таблица 3 Минеральный состав руды

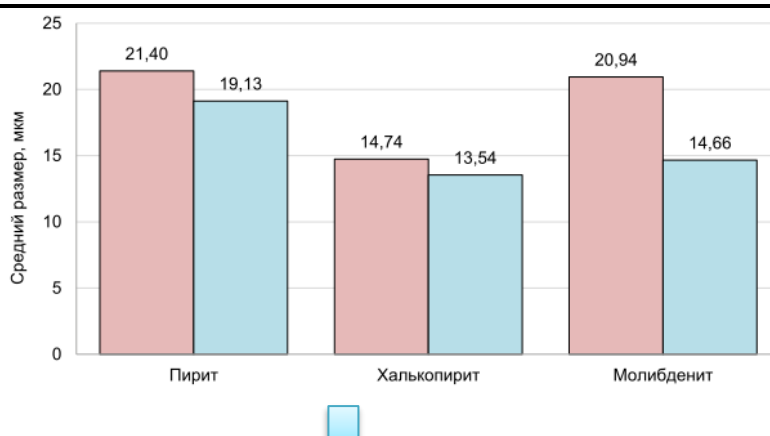
Минерал, группа минералов	Массовая доля, %	Минерал, группа минералов	Массовая доля, %
Породообразующие минералы		Рудные минералы	
Кварц	17,0	Пирит	0,7
Хлорит	16,0	Халкопирит	0,8
Калиевые полевые шпаты, плагиоклазы	40,0	Халкозин, ковеллин, борнит, блеклая руда	Ед. знаки
Слюда (мусковит, серицит)	7,0	Молибденит, сфалерит, галенит, арсенопирит	Ед. знаки
Амфиболы	10,0	Минералы серебра	Ед. знаки
Карбонаты (кальцит, доломит)	2,0	Оксиды, гидроксиды железа	1,6
Гипс, ангидрит	4,0	Акцессорные минералы	
		Эпидот, ильменит, рутил, барит, апатит, циркон и т.д.	0,9
		итого	100

Руда рудника «Ёшлик-I» на 96% состоит из породообразующих минералов. В отличие от руды Калмакырского месторождения в составе руды Ёшлика I преобладает не кварц, а калиевые полевые шпаты и плагиоклаз, доля которых составляет 40%. Кварц составляет всего 17%. В состав руды входят слюда и хлорит, доля которых составляет 7 и 16% соответственно. Общее количество карбонатов, представленных кальцитом и доломитом, составляет 2%. Отличительной особенностью руд месторождения «Ёшлик I» является наличие амфиболов – 10% и сульфатов (гипс, ангидрит) – 4%.

Основным отличием образца руды «Ёшлик-I» от руды «Калмакыр» является меньшее содержание пирита – 0,7% и халькопирита – 0,8% (в руде «Калмакыр» пирита 4,5-5,0, халькопирита 1-1,5).

По содержанию сульфидов образцы руды месторождения «Ёшлик I» характеризуются сульфидным типом руды, основным минералом меди является халькопирит.

На рисунке 1 представлены результаты измельчения руды рудника «Ёшлик-I» до 65 и 80% класса -0,074 мм.



-65% в классе 0,074 мм. -80% в классе 0,074 мм

Рисунок 1. Средний размер зерен основных рудных минералов в руде месторождения «Ёшлик I» крупностью 65 и 80% класса -0,074 мм

При уменьшении крупности руды увеличивается доля свободных зерен халькопирита, что положительно влияет на темпы обогащения меди.

Средний размер пирита, халькопирита и молибденита в зависимости от крупности измельчения варьируется в следующих диапазонах: 19,13-21,40 мкм, 13,54-14,74 мкм и 14,66-20,94 мкм соответственно. Наименьший средний размер пирита – 19,13 мкм и халькопирита – 13,54 мкм зафиксирован в пробе Ёшлик I крупностью 80% класса -0,074 мкм,

Результаты гранулометрического анализа халькопирита в пробах руды месторождения «Ёшлик I» различной крупности представлены на рисунке 2.

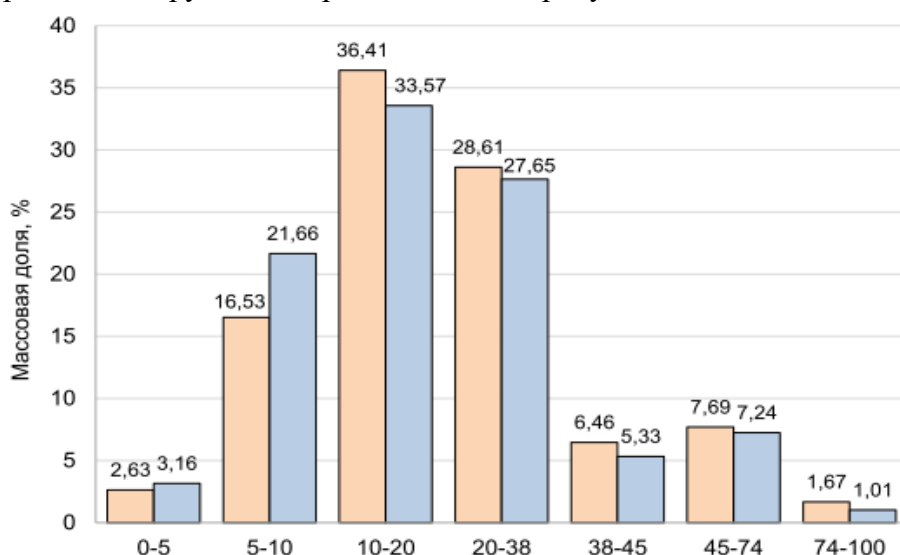


Рисунок 2 – Гранулометрическая характеристика халькопирита в пробе руды месторождения «Ёшлик I» 65% и -80% в классе 0,074 мм

В пробах руды месторождения «Ёшлик I» (рисунок 1.5) большинство зерен халькопирита также находится в классах крупности 5-38 мкм – 81,5% (для крупности 65% - 74 мкм) и 82,9% (для крупности 80% - 74 мкм). При снижении тонины помола в основном происходит прирост класса крупности 5-10 мкм с 16,53 до 21,66%. Для разной крупности массовая доля шламового класса менее 5 мкм изменяется от 2,63 до 3,16%.

На рисунках 3 представлены данные о распределении халькопирита по степени раскрытия зерен в пробах руды месторождений «Ёшлик I», измельченных до различной крупности.

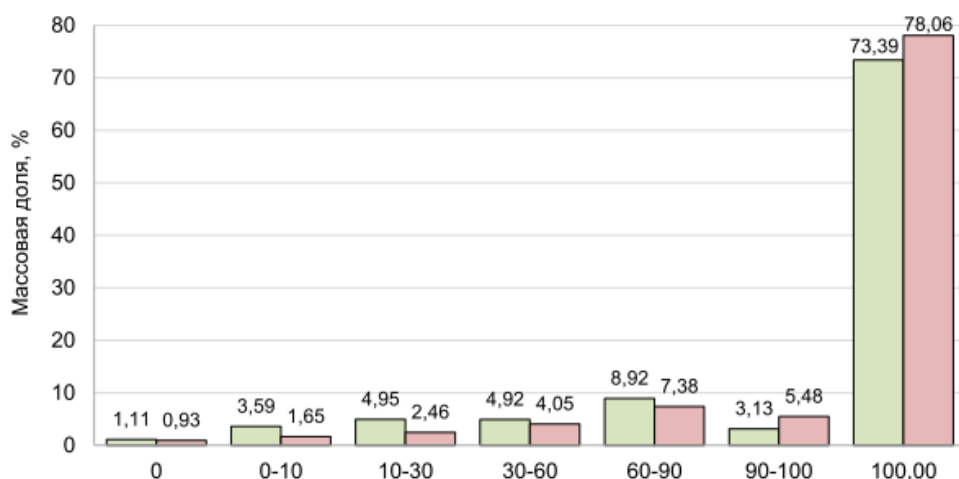


Рисунок 3 – Распределение халькопирита по степени раскрытия в пробе руды месторождения «Ёшлик I»

Формы нахождения минералов молибденита в пробе руды месторождения «Ёшлик I» изучались при крупности измельчения материала 80% класса -0,074 мм. Результаты гранулометрического анализа молибденита крупностью до 80% в классе -0,074 мм руд месторождения «Ёшлик-I» представлены на рисунке 4.

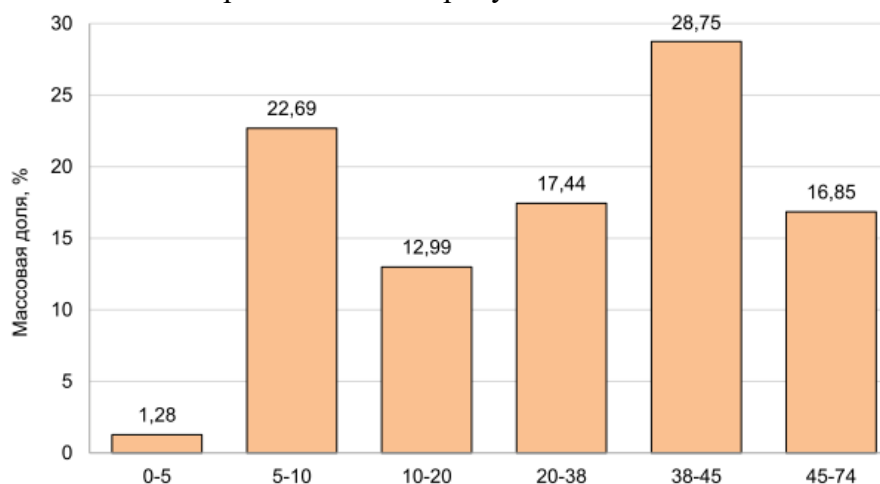


Рисунок 4. Гранулометрическая характеристика молибденита руды «Ёшлик-I».

В образце руды месторождения «Ёшлик-I» (рисунок 2) частицы молибденита распределены по классам крупности неравномерно и скачкообразно. Массовая доля частиц молибденита размером 5–74 мкм колеблется от 12,99 до 28,75%. Содержание мелких частиц молибденита размером менее 5 мкм не превышает 1,28%. Максимальный размер частиц 74 мкм.

На рисунках 5 представлены данные о распределении молибденита по степени раскрытия зерен в пробах руды месторождений «Ёшлик I».

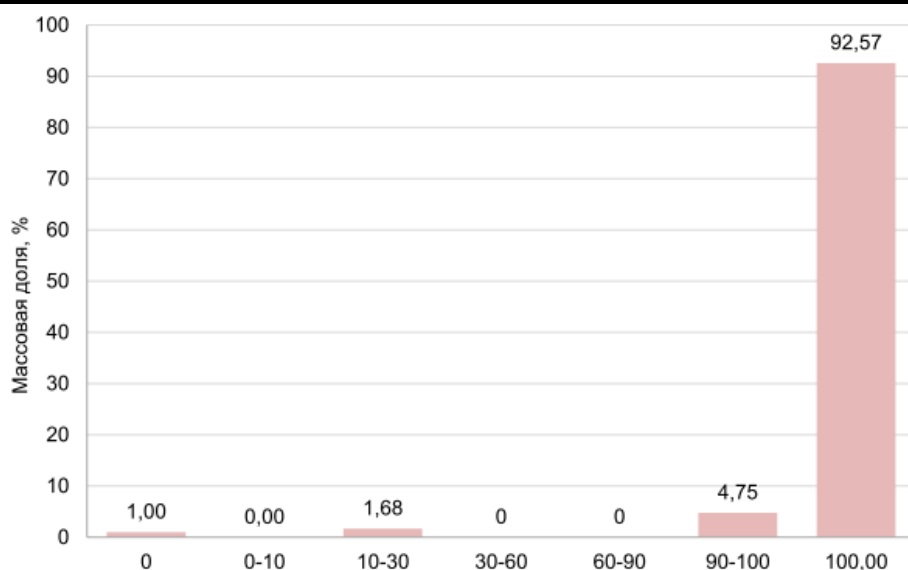


Рисунок 5 – Распределение молибденита по степени раскрытия в руде «Ёшлик I»
 В пробе руды месторождения «Ёшлик I» при более мелком измельчении (80% -0,074 мм) число свободных зерен молибденита возрастает до 92,57%.

Согласно полученным результатам установлено, что наибольшие количества меди, молибдена и серы характерны для мелких классов, тогда как кварц и кальций равномерно распределены по всем классам.

При анализе результатов было установлено, что практически все минералы класса -0,5 +0,25 мм срослись с пустыми породами. С уменьшением размера увеличивается выход полезных ископаемых на поверхность, а количество полезных компонентов в пустой породе уменьшается.

Использованная литература

1. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. — Т. 1. Обогачительные процессы.— 417 с.:
2. Mutalova, M. A., Khasanov, A. A., Salijanova, G. K., Ibragimov, I. S., & Melnikova, T. E. (2022). Use of Local Reagent in Breeding Polymetallic-Copper-Lead-Zinc Ore. *Journal of optoelectronics laser*, 41(5), 401-409.
3. Askarova, N., Toshqodirova, R. N., Nosirov, N. I., Ibragimov, I. S., Sunnatov, J., & Masidirov, E. (2022, June). Extraction of valuable components by flotation and magnetic methods from tails of gold extracting factories. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1). AIP Publishing.
4. Муталова, М. А., & Ибрагимов, И. С. (2023). СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕШАННЫХ МЕДНЫХ РУД. *Европейский журнал междисциплинарных исследований и разработок*, 13, 242-248.
5. Муталова, М. А., & Ибрагимов, И. С. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ. *Arxitektura, muhandislik va zamonaviy*

- texnologiyalar jurnali*, ISSN, 2181-3469.
<https://www.sciencebox.uz/index.php/arxitektura/article/view/7002/6435>
6. Муталова, М. А., & Ибрагимов, И. С. (2023). Технологии переработки окисленных и смешанных медных руд. *Gospodarka i Innowacje*, 34, 408-412.
https://www.gospodarkainnowacje.pl/index.php/issue_view_32/article/view/1297/1206
 7. Akramovna, M. M., Kakhkharovna, S. G., Sulaymonovich, I. I., Ugli, S. J. U., & Qizi, A. N. A. (2021). The current state of theory and technology enrichment of poly metallic ores and enrichment products. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(4), 613-619.
 8. Муталова, М. А., & Ибрагимов, И. С. (2024). Олтин Таркибли Рудаларни Флотация Усулида Бойитишнинг Ўзига Ҳос Хусусиятлари. *Miasto Przyszłości*, 46, 809-812.
 9. Ikhtiyorovich, N. N., & Sulaymonovich, I. I. (2023). Tails Recycling Technology Gold-Uranium Ores.
 10. Ikhtiyorovich, N. N., & Sulaymonovich, I. I. (2023). Tails Recycling Technology Gold-Uranium
 11. Муталова М. А., Хасанова А. А., Ибрагимов, И. С., & С., Х. (2023). Исследование Современных Технологий Переработки Лежалых Хвостов Обогажительных Фабрик. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 4(1), 138-142. Retrieved from <https://cajotas.centralasianstudies.org/index.php/CAJOTAS/article/view/1078>
 12. Муталова М. А., & Ибрагимов, И. С. (2023). РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РУДОПОДГОТОВКИ. *ARXITEKTURA, MUHANDISLIK VA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR JURNALI*, 2(5), 58–62. Retrieved from <https://www.sciencebox.uz/index.php/arxitektura/article/view/7004>
 13. SULFIDLI MIS-MOLIBDEN RUDALARINI HOZIRGI VAQITDAGI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASI
<https://www.sciencebox.uz/index.php/arxitektura/article/view/7005/643>
 14. Mutalova, M. A., Khasanov, A. A., Ibragimov, I. S., & Melnikova, T. E. (2019). Development of Technology for Producing Tungsten Product with WO3 Content Not Lower than 40% from Technogenic Waste SIE «Almalyk MMC. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 6(12), 12329-12333.
 15. Mutalova, M., Khasanov, A., Toshtemirov, U., Melnikova, T., & Yuldashava, N. (2024). Modern technology for enrichment of tailings from an enrichment plant processing tungsten ores. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 538, p. 01002). EDP Sciences.
 16. Khasanov, A., Khasanov, U., Toshtemirov, U., Abdurakhmanov, D., & Melnikova, T. (2024). Studying the condition of tungsten-containing man-made waste in the territory of Uzbekistan. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 538, p. 03023). EDP Sciences.