Технологические исследования на обогатимость полиметаллической руды месторождения Хандиза

Умарова И. К.^{1*}, Аминжанова С. И.¹, Салижанова Г. К.¹, Каландаров К. С.¹

¹ Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан

*e-mail: o_hayitov@mail.ru

Реферат

Введение. В статье рассматриваются результаты технологических исследований на обогатимость полиметаллической руды месторождения Хандиза. Представлены результаты исследования вещественного состава и варианты флотационного обогащения технологических проб руды месторождения Хандиза.

Цель работы. Целью данной работы является изучение вещественного состава проб руды и разработка эффективной технологии обогащения полиметаллической руды месторождения Хандиза.

Методология. В качестве объекта исследования выбрана полиметаллическая руда месторождения Хандиза. При выполнении данной работы использованы различные реагенты и лабораторные установки, современные физические, физико-химические и химические методы анализов. Исследования проводились по двум направлениям: коллективная флотация всех рудных минералов с дальнейшей селекцией коллективного концентрата на свинцовый, цинковый и медный концентраты и прямая коллективно-селективная флотация с получением последовательно свинцово-медного и цинкового концентратов.

Результаты. Приведены итоги изучения вещественного состава руды на основе спектрального, химического и рационального анализа. Установлено, что промышленно ценными компонентами руды являются свинец, цинк и медь, содержания которых приводятся. Показано, что рудные минералы находятся в тесном срастании с нерудными – кварцем, серицитом, хлоритом, карбонатом и др.

Выводы. В результате обогащения выделены свинцовый, цинковый и медный концентраты, удовлетворяющие требованиям производства.

Ключевые слова: коллективная флотация; селективная флотация; ксантогенат; депрессор; активатор; полиметаллические руды; десорбция; реагент; концентрат; хвосты; промпродукт.

Введение. Значительный рост производства металлов, комплексное использование сырья, вовлечение в процесс промышленного производства новых типов руд, снижение себестоимости переработки, повышение извлечения металлов из руд являются важнейшими и актуальными задачами в развитии эффективности и освоения минерально-сырьевых богатств недр Узбекистана [1].

Цель работы. Целью данной работы является изучение вещественного состава проб руды и разработка эффективной технологии обогащения полиметаллической руды месторождения Хандиза.

Методология. В качестве объекта исследования выбрана полиметаллическая руда месторождения Хандиза. При выполнении данной работы использованы различные реагенты и лабораторные установки, современные физические, физико-химические и химические методы анализов.

Результаты исследования. С целью изучения вещественного состава руды отбирались усредненные пробы для выполнения спектрального, химического, рационального анализов, а также образцы и средние пробы руды крупностью 3–0 мм для минералогического исследования и гранулометрического анализа [2].

Результаты полуколичественного спектрального анализа пробы руды приведены в табл. 1.

Результаты химического анализа средней пробы помещены в табл. 2. Удельный вес пробы 2,88 г/см³.

Таблица 1. Результаты полуколичественного спектрального анализа пробы руды
Table 1. Results of semi-quantitative spectral analysis of ore samples

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Кремний	Более 1	Медь	0,3
Алюминий	Более 1	Свинец	Более 1
Магний	0,3	Серебро	0,003
Кальций	0,1	Сурьма	0,01
Железо	Более 1	Цинк	Более 1
Марганец	0,01	Кадмий	0,01
Никель	0,001	Галлий	0,001
Титан	0,03	Бериллий	0,001
Ванадий	0,001	Стронций	0,01
Молибден	Менее 0,001	Барий	0,03
Цирконий	0,003		

По результатам химического анализа содержание полезных компонентов в пробе составляет: свинца – 2,54 %, цинка – 5,12 %, меди – 0,6 %.

Для выяснения распределения основных ценных компонентов по классам крупности исходная проба руды крупностью –3+0 мм подвергалась ситовому анализу. Результаты ситового анализа проб руды приведены в табл. 3.

Таблица 2. Результаты химического анализа средней пробы руды
Table 2. Results of chemical analysis of ore average sample

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Кремнезем	71,80	Свинец	2,54
Оксид железа (3+)	3,00	Цинк	5,12
Оксид железа (2+)	1,80	Медь	0,60
Оксид титана	0,10	Оксид углеводорода	–
Оксид марганца	0,01	–H ₂ O _{гигр}	0,80
Глинозем	5,20	Сера общая	6,00
Оксид кальция	0,20	Оксид серы (6+)	–
Оксид магния	–	Золото, у. е.	0,00
Оксид калия	0,15	Серебро, у. е.	40,00
Оксид натрия	0,08		

Как следует из табл. 3, содержание свинца, цинка и меди в мелких классах повышается до 4,14; 4,96 и 1,47 % соответственно. Результаты рационального анализа руды приведены в табл. 4. Как видно из данных, приведенных в табл. 4, 78,7 % свинца, 78,8 % цинка и 98,4 % меди находятся в сульфидной форме; 14,5 % свинца, 11,0 % цинка – в оксидной форме.

В результате проведенного минералогического анализа установлено, что полиметаллическая руда представлена обломками микрокварцитов в различной степени окварцованных, серицитизированных и хлоритизированных.

Основными рудными минералами являются сфалерит, галенит, халькопирит и пирит. Главными нерудными минералами в руде являются кварц, серицит и хлорит. Сплошные массивные руды сложены взаимно тесно проросшими между собой тонкозернистыми сфалеритом, галенитом и халькопиритом [3].

Таблица 3. Гранулометрическая характеристика пробы руды
Table 3. Granulometric characteristic of ore sample

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание, %				Распределение, %		
		Pb	Zn	Cu	S	Pb	Zn	Cu
–3+2,5	9,9	1,98	4,40	0,49	2,06	7,8	8,8	8,2
–3+1	54,0	2,72	4,80	0,53	1,84	59,0	52,7	49,2
–1+0,5	14,2	1,76	5,87	0,53	1,98	10,0	16,8	12,8
–0,5+0,25	7,4	2,27	4,60	0,61	2,47	6,7	6,9	7,7
–0,25+0,15	3,8	2,69	4,56	0,61	2,71	3,8	4,1	3,5
–0,15+0,1	2,8	2,38	5,04	0,73	3,25	2,8	2,7	2,9
–0,1+0,074	2,3	2,49	5,36	0,82	3,58	2,3	2,3	2,5
–0,074+0,044	3,0	4,14	6,96	1,47	6,34	3,0	5,0	4,2
–0,044+0,0	2,0	2,99	4,94	0,90	1,06	2,0	2,1	1,1
Руда	100,0	2,49	5,10	0,58	2,17	100,0	100,0	100,0

Изучаемая проба руды характеризуется простым комплексом слагающих ее минералов, но отличается сложным, чрезвычайно тонким и тесным взаимным прорастанием минералов между собой, что представляет большое затруднение при их разделении.

Таблица 4. Результаты рационального анализа средней пробы руды

Table 4. Results of rational analysis of ore average sample

Соединения	Содержание, %	Распределение, %
Свинец общий	2,54	100,0
в виде сульфидов	1,73	78,7
в виде оксидов	0,32	14,5
остаток	0,15	6,8
Цинк общий	5,12	100,0
в виде сульфидов	4,14	78,8
в виде оксидов	0,58	11,0
остаток	0,64	12,2
Медь общая	0,62	100,0
сульфидная	0,61	98,4
связанная	0,01	1,6

Результаты. Исследования проводились по двум направлениям: коллективная флотация всех рудных минералов с дальнейшей селекцией коллективного концентрата на свинцовый, цинковый, медный и пиритный концентраты и прямая коллективно-селективная флотация с получением последовательно свинцово-медного, цинкового и пиритного концентратов [3–10].

Первый путь предопределен тем, что раскрытие зерен нерудных минералов происходит раньше [11, 12]. В качестве реагентов использовались: *собиратели* –

бутиловый ксантогенат, бутиловый аэрофлот; *вспениватели* – ИМ-68, Т-92, крезол; *регуляторы среды* – сода кальцинированная, жидкое стекло, цинковый купорос, цианистый натрий; *активаторы* – медный купорос, сернистый натрий, активированный уголь, сульфуголь и др.

Рис. 1. Технологическая схема опытов коллективной флотации руды
Fig.1. Flow diagram of ore bulk flotation tests

Водорастворимые реагенты подавались в пульпу в виде растворов 1–10-процентной концентрации, вспениватели – в виде капель, уголь (активированный и сульфуголь) – в сухом измельченном виде.

Технологическая схема опытов коллективной флотации приведена на рис. 1.

Таблица 5. Результаты опытов флотации с двумя перерештками концентрата в оптимальном режиме
Table 5. Results of flotation test with two rewash concentrates in an optimum mode

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Коллективный концентрат	15,5	18,15	30,12	2,85	85,9	91,2	74,6
Промпродукт 1	6,8	0,69	1,14	0,29	1,4	1,5	3,3
Промпродукт 2	2,7	3,52	5,98	0,38	2,9	3,2	1,7
Хвосты	75,0	0,44	0,28	0,16	10,1	4,1	20,4
Руда	100,0	2,48	5,10	0,59	100,0	100,0	100,0

На основании проведенных опытов в качестве оптимального выбран следующий режим.

Оптимальный режим коллективной флотации

Измельчение, мин	90
Крупность –0,074 мм, %	89
Расход реагентов:	
Сода, г/т	750
Na ₂ S, г/т	190
Жидкое стекло, г/т	200
Медный купорос, г/т	240
Бутилксантогенат, г/т	125
Вспениватель Т-92, г/т	60

При выбранном режиме наблюдается сравнительно высокое извлечение всех компонентов в коллективный концентрат свинца, цинка и меди и довольно низкий по содержанию в хвостах.

В условиях оптимального режима был поставлен опыт с перерешивками коллективного концентрата с целью повышения качества продукта [6]. Результаты опыта приведены в табл. 5. Как видно из табл. 5, в результате двух перерешивок повышается содержание всех компонентов в концентрате.

Таблица 6. Результаты опыта селекции коллективного концентрата
Table 6. Results of bulk concentrate selection test

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Концентрат Pb-Cu	10,2	20,73	20,70	4,20	64,5	42,0	77,4
Промпродукт 1	9,2	0,80	1,62	0,09	2,2	3,0	1,4
Промпродукт 2	4,5	1,20	1,74	0,20	1,6	1,6	1,6
Хвосты 1 (коллективные)	69,0	0,16	0,21	0,04	3,3	2,9	5,1
Хвосты 2	7,1	13,20	36,10	1,12	28,4	50,5	14,5
Руда	100,0	2,46	5,03	0,58	100,0	100,0	100,0

Условия опыта селекции: сернистый натрий – 6 кг/т; процент твердого – 50; число отмывок – 2; сода – 1000 г/т; NaCN – 2000 г/т; ZnSO₄ – 4800 г/т; БКК – 50 г/т; доизмельчение – 60 мин; время флотации – 10 мин; вспениватель – 40 г/т.

Дальнейшие исследования велись в направлении селекции коллективного концентрата. При этом вначале выделялся свинцово-медный, затем цинковый концентрат.

В качестве депрессоров цинковых минералов использовались комплексы: цианистый натрий, сернистокислый натрий и цинковый купорос, гидросульфит натрия и цинковый купорос. Наилучшая депрессия цинковых минералов достигнута с помощью цианистого натрия и цинкового купороса.

Таблица 7. Результаты опытов медной флотации с перерешивками медного концентрата

Table 7. Results of copper flotation with copper concentrate rewash

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Концентрат Cu	1,7	8,06	3,12	23,68	5,4	1,0	71,7
Промпродукт-1 Cu	1,4	20,56	8,00	0,36	11,3	2,1	0,9
Промпродукт-2 Cu	1,5	17,28	6,57	0,51	10,2	1,9	1,3
Хвосты Cu флотации	3,8	43,23	11,50	0,15	64,4	8,5	1,7
Концентрат Pb-Cu	8,4	27,70	8,34	5,06	90,9	13,5	75,6

Схема селективной флотации включала в себя предварительное измельчение руды и коллективную флотацию в оптимальном режиме, две перерешивки с последующим сгущением. Сгущенный продукт подвергался доизмельчению и десорбции. Десорбция осуществлялась путем перемешивания коллективного концентрата с сернистым натрием и последующей отмывкой (рис. 2). В табл. 6 приведены результаты опыта разделения коллективного концентрата и реагентный режим селекции.

Известно, что по мере загрузки в пульпу избыточного количества сернистого натрия и последующего его окисления флотированность сульфидных минералов в пульпе восстанавливается с различной скоростью. Остаточная концентрация сульфид-ионов, при которой происходит флотация различных минералов, неодинакова.

Из табл. 6 следует, что селекция коллективного концентрата протекает неэффективно. Часть цинка переходит в свинцово-медный концентрат, что объясняется тесным взаимным прорастанием сфалерита с галенитом и халькопиритом и активацией сфалерита ионами меди [6].

Таблица 8. Результаты опыта свинцовой флотации из хвостов медной флотации
Table 8. Results of lead flotation from copper flotation tailings

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Концентрат Pb	3,0	50,60	11,22	0,26	59,7	6,5	1,4
Промпродукт Pb	0,8	15,65	12,95	0,21	4,9	2,0	0,3
Хвосты Cu флотации	3,8	43,23	11,50	0,25	64,6	8,5	1,7

При отмывке минералов, обработанных сернистым натрием, разными количествами воды наибольшая адсорбция ксантогената наблюдается на поверхности галенита. Различное поведение минералов при флотации в присутствии сернистого натрия обусловлено также его активирующим воздействием на флотацию галенита и пирита, различием в количестве адсорбирующегося сульфид-иона на поверхности различных сульфидов и т. д.

Таблица 9. Результаты опыта цинковой флотации при оптимальном расходе извести
Table 9. Results of zinc flotation under optimum lime consumption

Продукт	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Концентрат Zn	13,6	0,63	29,07	0,74	3,4	76,2	17,9
Хвосты флотации	70,7	0,08	0,11	0,12	2,2	1,5	1,9
Хвосты Pb-Cu флотации	84,3	0,17	4,79	0,13	5,6	77,7	19,8

Для разделения свинцово-медного концентрата было испытано несколько вариантов схем и реагентных режимов. Общим для них являлось стремление к десорбции ксантогената с поверхности свинцовых и медных минералов [8]. Флотацию медных минералов проводили в кислой среде (pH около 3). Серная кислота необходима по двум причинам: во-первых, в сильно кислой среде ксантогенат достаточно интенсивно разрушается; во-вторых, серная кислота убирает из раствора избыток сернистого натрия, не успевшего окислиться либо отмыться, поэтому во избежание образования сероводорода необходимо тщательно проводить операцию отмывки.

Установлено, что ксантогенат с поверхности халькопирита не десорбируется сульфитом натрия. При воздействии различных концентраций сульфита на поверхности галенита остается определенное количество собирателя ($5 \cdot 10^{-5}$ мг/см²). Флотированность халькопирита в присутствии сульфит-ионов максимальна при pH = 3.

На основании сказанного, а также многочисленных опытов по уточнению режима медной флотации пробы были выбраны оптимальный расход реагентов и условия флотации халькопирита.

В табл. 7 приведены результаты опыта медной флотации пробы в выбранном режиме.

Из хвостов медной флотации извлекались свинцовые минералы. Свинцовая флотация велась с одной перемешкой пенного продукта (табл. 8).

В цикле цинковой флотации при подборе режима варьировались расходы ксантогената и медного купороса [7–9]. Для подавления пирита использовали известь (табл. 9).

На основании данных табл. 9 можно сказать, что в выбранном режиме разделение свинцово-медного концентрата проб руды проходит удовлетворительно.

Выводы. Таким образом, выполнены технологические исследования полиметаллических проб руды месторождения Хандиза. Содержание полезных компонентов в пробе: свинца – 2,54 %, цинка – 5,12 %, меди – 0,6 %.

Лабораторные испытания проводились по двум направлениям: коллективная флотация всех сульфидов с последующим их разделением; коллективно-селективная флотация с последующим получением отдельных концентратов.

В результате обогащения выделены свинцовый, цинковый и медный концентраты, содержащие соответственно 50,6 % свинца, 29,07 % цинка и 23,68 % меди при извлечении их в одноименные концентраты 59,7; 76,2 и 71,7 % соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедов Н. А. Современные методы переработки руд и концентратов. Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана // Матер. республ. науч.-технич. семинара. Ташкент, 2005. С. 7–10.
2. Умарова И. К., Иномов У. А. Изучение вещественного состава свинцово-цинковых руд // Техника юлдузлари. 2012. № 2. С. 68–72.
3. Шишкин А. А., Бурохлия М. С. Освоение комбинированной схемы обогащения свинцово-цинковых руд // Цветные металлы. 1983. № 7. С. 150–152.
4. Тусупбаев Н. К., Бектурганов Н. С., Турысбеков Д. К., Семушкина Л. В., Муханова А. А. Усовершенствование технологии селекции коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата // Обогащение руд. 2013. № 8. С. 12–17.
5. Шумская Е. Н., Поперечникова О. Ю. Особенности технологии переработки полиметаллических руд // Горный журнал. 2016. № 11. С. 39–42.
6. Ran J. C., Liu Q. J., Zhang Z. G. Experiment research of a certain Cu-Pb-Zn polymetallic sulfide ore in Yunnan // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 556–562. P. 197–200.
7. Кирбитова Н. В., Елисеев Н. И., Кальнишевская Л. Н. Особенности активации сфалерита в растворе медного купороса // Известия вузов. Цветная металлургия. 1987. № 1. С. 12–16.
8. Finkelstein M. P., Allison S. A. The chemistry of activation, deactivation and depression of the flotation of zinc sulfide // A review in: Flotation, A. M. Gaudin memorial volume. New York, AIMMPE, 1976. Vol. 1. P. 414–457.
9. Leroux M., Rao S. R., Finch I. A. Selektive flotation of sphalerite from Pb-Zn ore without copper activation // GIM Bull. 1987. Vol. 80. No. 902. P. 41–44.
10. Умарова И. К. Технологические исследования на обогатимость полиметаллических проб руды месторождения Чинарсай // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности: матер. 12-й междунар. конф. Тула–Минск–Донецк, 2016. С. 332–338.
11. Umarova I. K., Salijanova G. Q., Avinjanova S. I. Study on the enrichment of polymetallic ores of the deposit Handiza // Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. Universitas Publishing. Petroșani, Romania, 2018. P. 286–306.
12. Umarova I. K., Aminjanova S. I. Studying the material composition of the ore of deposit Handiza // International scientific and technical internet conference “Innovative development of resource-saving technologies of mineral mining and processing”. Petroșani, Romania, 2018. December 14. P. 175–178.

Поступила в редакцию 18 ноября 2019 года

Сведения об авторах:

Умарова Иноят Каримовна – кандидат химических наук, доцент кафедры горного дела Ташкентского государственного технического университета. E-mail: i.umarova.tdtu@mail.ru

Аминжанова Севара Исламовна – старший преподаватель кафедры горного дела Ташкентского государственного технического университета. E-mail: s.aminjanova.tdtu@mail.ru

Салижанова Гулнарахон Кахаровна – доцент кафедры горного дела Ташкентского государственного технического университета. E-mail: g.salijanova.tdtu@mail.ru

Каландаров Кобил Суярович – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела Ташкентского государственного технического университета. E-mail: q.qalandarov.tdtu@mail.ru

Khandiza polymetallic ore washability study

Inoiat K. Umarova¹, Sevara I. Aminzhanova¹, Gulnarakhon K. Salizhanova¹, Kobil S. Kalandarov¹

¹ Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan.

Abstract

Introduction. The article considers the results of operations research on the washability of polymetallic ore at Khandiza deposit. The results of the research of material composition are delivered together with the variants of process samples flotation at Khandiza deposit.

Research aim is to study the material composition of ore samples and the development of effective technology of polymetallic ore concentration at Khandiza deposit.

Methodology. Polymetallic ore of Khandiza deposit has been chosen as research subject. As part of the process various reagents have been used as well as various laboratory facilities, modern physical, physical-chemical and chemical methods of analysis. Research has been carried out in two direction: bulk flotation of all ore minerals with further selection of bulk concentrate to lead, zinc and copper concentrates and direct bulk selective flotation with the production of lead-copper and zinc concentrates in a successive order.

Results. The outcomes of ore material composition study have been delivered based on spectral, chemical and rational analysis. It has been determined that industrially valuable ore components are lead, zinc and copper; the contents of which are presented. It has been shown that ore minerals are in tight twinning with nonmetallic minerals, i.e. quartz, sericite, chlorite, carbonate, etc.

Summary. As a result of concentration, lead, zinc and copper concentrates have been dressed. The concentrated meet industrial requirements.

Key words: bulk flotation; selective flotation; xanthate; depressor; activating agent; polymetallic ore; desorption; reagent; concentrate; tailings; middlings.

REFERENCES

1. Akhmedov N. A. Modern methods of ore and concentrates processing. Problems of Uzbekistan mineral raw material processing. In: *Proceedings of republican sci-tech seminar*. Tashkent; 2005. p. 7–10. (In Russ.)
2. Umarova I. K., Inomov U. A. Studying the material composition of lead-zinc ore. *Texnika yulduzlari*. 2012; 2: 68–72. (In Russ.)
3. Shishkin A. A., Burokhliia M. S. Developing the integrated scheme of concentrating lead-zinc ore. *Tsvetnye metally = Non-ferrous Metals*. 1983; 7: 150–152. (In Russ.)
4. Tusupbaev N. K., Bekturganov N. S., Turysbekov D. K., Semushkina L. V., Mukhanova A. A. Improving the technology of selecting bulk copper-lead-zinc concentrate. *Obogashchenie Rud = Mineral Processing*. 2013; 8: 12–17. (In Russ.)
5. Shumskaia E. N., Poperechnikova O. Iu. Features of polymetallic ore processing technology. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2016; 11: 39–42. (In Russ.)
6. Ran J. C., Liu Q. J., Zhang Z. G. Experiment research of a certain Cu-Pb-Zn polymetallic sulfide ore in Yunnan. *Applied Mechanics and Materials*. 2014; 556–562: 197–200.
7. Kirbitova N. V., Eliseev N. I., Kalnishevskaya L. N. Aspects of sphalerite activation in blue copper solution. *Izvestiia vuzov. Tsvetnaia metallurgiya = Universities' Proceedings. Nonferrous Metallurgy*. 1987; 1: 12–16. (In Russ.)
8. Finkelstein M. P., Allison S. A. *The chemistry of activation, deactivation and depression of the flotation of zinc sulfide. A review in: Flotation, A. M. Gaudin memorial volume*. New York, AIMMPE, 1976. Vol. 1. P. 414–457.
9. Leroux M., Rao S. R., Finch I. A. Selective flotation of sphalerite from Pb-Zn ore without copper activation. *GIM Bull.* 1987; 80 (902): 41–44.
10. Umarova I. K. Operations research on the washability of polymetallic samples of ore at Chinarsai deposit. In: *Social-economic and ecological problems of mining industry: proceedings of 12th international conf.* Tula-Minks-Donetsk; 2016. p. 332–338.
11. Umarova I. K., Salijanova G. Q., Avinjanova S. I. Study on the enrichment of polymetallic ores of the deposit Handiza. *Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph*. Universitas Publishing. Petroșani, Romania, 2018. P. 286–306.
12. Umarova I. K., Aminjanova S. I. Studying the material composition of the ore of deposit Handiza. *International scientific and technical internet conference "Innovative development of resource-saving technologies of mineral mining and processing"*. Petroșani, Romania, 2018. December 14. P. 175–178.

Received 18 November 2019

Information about authors:

Inoiat K. Umarova – PhD (Chemistry), associate professor, Mining Department, Tashkent State Technical University. E-mail: i.umarova.tdtu@mail.ru

Sevara I. Aminzhanova – senior lecturer, Mining Department, Tashkent State Technical University. E-mail: s.aminjanova.tdtu@mail.ru

Gulnarakhon K. Salizhanova – associate professor, Mining Department, Tashkent State Technical University. E-mail: g.salijonova.tdtu@mail.ru

Kobil S. Kalandarov – PhD (Engineering), associate professor, Mining Department, Tashkent State Technical University. E-mail: q.qalandarov.tdtu@mail.ru

Для цитирования: Умарова И. К., Аминжанова С. И., Салижанова Г. К., Каландаров К. С. Технологические исследования на обогатимость полиметаллической руды месторождения Хандиза // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 4. С. 70–79. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-4-70-79

For citation: Umarova I. K., Aminzhanova S. I., Salizhanova G. K., Kalandarov K. S. Khandiza polymetallic ore washability study. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 4: 70–79 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-4-70-79