

Выбор схемы и реагентов для флотации техногенного баритового сырья

¹*ТУРЕБЕКОВА Каракат Сериковна, докторант, kakosh-94@mail.ru,

²КАТКЕЕВА Гульнара Летаевна, к.т.н., доцент, зав. лабораторией, katkeeva@mail.ru,

¹СУЛТАНГАЗИЕВ Руслан Бауржанович, PhD, и.о. доцента, sulrus83@mail.ru,

²ОСКЕМБЕКОВ Ильяс Маликович, старший научный сотрудник, ilyasosk@mail.ru,

³МОРОЗОВ Юрий Петрович, д.т.н., профессор, tails2002@inbox.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева, Казахстан, Караганда, ул. Ермакова, 63,

³Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Актуальным вопросом для Республики Казахстан является переработка техногенных отходов, в частности баритосодержащих отходов, и расширение сырьевой базы цветной металлургии. В настоящее время в Республике Казахстан имеется большое количество техногенных отходов: золоотвалы электростанций, отходы обогатительных фабрик, отходы металлургического производства. Техногенные отходы наносят большой вред окружающей среде и загрязняют воздух, воду и почву. Кроме того, они являются полноценным сырьем для получения продукции высокого качества. Отходы флотационного обогащения баритополиметаллической руды Карагайлинского месторождения являются исследуемым сырьем в данной статье. С целью определения эффективности применения флотационного метода обогащения без предварительного обескремнивания были проведены исследования на исходном баритовом сырье состава, масс., %: SiO_2 – 40,9; BaSO_4 – 32,6; Al_2O_3 – 5,3; Fe – 4,6; S – 6,8; Zn – 0,6; Pb – 0,5; Cu – 0,2. Рассмотрены 3 флотационные схемы с открытым циклом: простая схема флотации с использованием бутилового ксантогената калия в качестве собирателя для минералов цветных металлов и вспенивателя Т-92; простая схема флотации с теми же реагентами и дополнительно с известью; коллективно-селективная схема флотации. По каждому циклу были получены результаты и рассчитаны содержание и извлечение ценного компонента в концентраты.

Ключевые слова: техногенное сырье, флотация, обескремнивание, вспениватель, собиратель, медный концентрат, цинковый концентрат, свинцовый концентрат, баритовый концентрат.

Введение

Актуальным вопросом для Республики Казахстан является переработка техногенных отходов, в частности баритосодержащих отходов, и расширение сырьевой базы цветной металлургии. В настоящее время в Республике Казахстан имеется большое количество техногенных отходов: золоотвалы электростанций, отходы обогатительных фабрик, отходы металлургического производства. Техногенные отходы наносят большой вред окружающей среде и загрязняют воздух, воду и почву. Кроме того, они являются полноценным сырьем для получения продукции высокого качества. Отходы флотационного обогащения баритополиметаллической руды Карагайлинского месторождения являются исследуемым сырьем [4-6]. Сырье подвергали флотационному методу обогащения без предварительного обескремнивания для сравнения опытов с результатами с предварительным

обескремниванием сырья.

Экспериментальная часть

С целью определения эффективности применения флотационного метода обогащения без предварительного обескремнивания были проведены исследования на исходном баритовом сырье состава, масс., %: SiO_2 – 40,9; BaSO_4 – 32,6; Al_2O_3 – 5,3; Fe – 4,6; S – 6,8; Zn – 0,6; Pb – 0,5; Cu – 0,2 [1-3].

Рассмотрены 3 флотационные схемы [7] с открытым циклом:

- простая схема флотации с использованием бутилового ксантогената калия в качестве собирателя для минералов цветных металлов и вспенивателя Т-92 [8];

- простая схема флотации с теми же реагентами и дополнительно с известью;

- коллективно-селективная схема флотации.

Для каждого опыта готовили навеску бари-

тового сырья массой 20 г, измельченного до содержания 80% частиц класса – 0,071 мм, которую смешивали во флотационной камере объемом 0,1 литра флотационной машины ФМЛ-1 с водой до отношения Т:Ж = 1:5. Затем подавали собиратель [9] с агитацией в 1 мин и вспениватель также с агитацией в 1 мин. Время основной флотации 10 мин, контрольной – 5 мин. Продукты флотации анализировали химическим методом. На основе данных химического анализа определяли извлечение исследуемых компонентов в продукты флотации [10-11].

1-цикл. Флотация баритового сырья по простой схеме

Простая схема флотации баритового сырья в открытом цикле представлена на рисунке 1.

По данной схеме проведено 3 эксперимента. Варьировали расход собирателя – 100 г/т в пер-

вом опыте, 200 г/т во втором и в третьем 400 г/т. Результаты флотационных экспериментов представлены в таблице 1.

Достигнуто максимальное извлечение по меди 70,2%, цинку 69,37%, свинцу 46,7%. При этом флотационные хвосты как баритовые концентраты являются низкокачественными с содержанием барита не выше 41,2%.

2-цикл. Флотация баритового сырья по простой схеме с известью

Простая схема флотации баритового сырья с известью в открытом цикле представлена на рисунке 2.

По данной схеме проведено 3 эксперимента с одинаковым расходом оксида кальция 300 г/т. Варьировали расход собирателя – 25 г/т в первом опыте, 50 г/т во втором и в третьем 100 г/т. Результаты флотационных экспериментов представле-



Рисунок 1 – Простая схема флотации баритового сырья

Таблица 1 – Показатели флотации баритового сырья по меди, цинку, свинцу и бариту

№	Продукт	Выход продукта, %	Cu		Zn		Pb		BaSO ₄	
			Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %
1	Конц.	14,56	0,82	59,9	2,45	59,36	1,25	36,3	18,02	7,09
	Пр.пр.	2,92	0,41	6,0	0,90	4,36	0,67	3,9	36,62	2,89
	Хв.	82,52	0,08	34,1	0,26	36,28	0,36	59,8	40,36	90,02
2	Конц.	13,24	0,90	59,0	2,70	58,97	1,35	35,8	18,99	6,74
	Пр.пр.	3,20	0,48	7,5	0,93	4,98	0,87	5,6	30,54	2,64
	Хв.	83,66	0,08	33,5	0,26	36,05	0,35	58,6	40,08	90,62
3	Конц.	12,07	0,92	55,8	2,84	57,12	1,33	32,2	16,55	5,40
	Пр.пр.	4,79	0,60	14,4	1,53	12,25	1,51	14,5	15,68	2,03
	Хв.	83,14	0,07	29,8	0,22	30,63	0,32	53,3	41,20	92,57

ны в таблице 2.

Достигнуто максимальное извлечение по меди 61,3%, цинку 56,9%, свинцу 47,12%. При этом качество баритового концентрата осталось на низком уровне – 39,14%.

3-цикл. Флотация баритового сырья по коллективно-селективной схеме

Коллективно-селективная схема флотации баритового сырья представлена на рисунке 3.

По данной схеме проведен 1 эксперимент. Общий расход собирателя – 70 г/т, вспенивателя 115 г/т, оксида кальция 1500 г/т, сульфита натрия 20 г/т, сульфата цинка 160 г/т, сульфата железа 46 г/т. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Извлечение в одноименный концентрат составило меди 58,63%, цинка 50,98%, свинца 45,31%.

Качество баритового концентрата осталось также на низком уровне – 40,44%.

Заключение

По результатам проведенных экспериментальных исследований были получены следующие данные:

1. При флотации по классической схеме достигнуто максимальное извлечение по меди 70,2%, цинку 69,37%, свинцу 46,7%. При этом флотационные хвосты как баритовые концентраты являются низкокачественными с содержанием барита не выше 41,2%.

2. При флотации с добавлением извести достигнуто максимальное извлечение по меди 61,3%, цинку 56,9%, свинцу 47,12%. При этом качество баритового концентрата осталось на низком уровне – 39,14%.

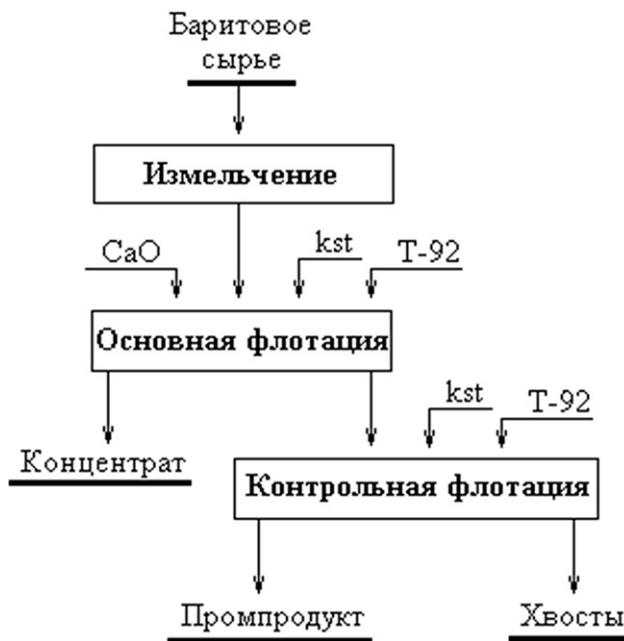


Рисунок 2 – Простая схема флотации баритового сырья с известью

Таблица 2 – Показатели флотации баритового сырья с известью по меди, цинку, свинцу и бариту

№	Продукт	Выход продукта, %	Cu		Zn		Pb		BaSO ₄	
			Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %
1	Конц.	6,48	1,19	38,5	3,70	40,01	2,58	33,46	29,41	5,15
	Пр.пр.	4,17	0,74	15,4	1,46	10,12	0,81	6,80	39,84	4,49
	Хв.	89,35	0,10	46,1	0,33	49,87	0,33	59,74	37,42	90,36
2	Конц.	9,36	1,08	50,5	3,29	51,26	2,05	38,45	18,97	4,80
	Пр.пр.	3,60	0,55	10,0	0,72	4,31	1,04	7,50	32,17	3,13
	Хв.	87,04	0,09	39,5	0,31	44,43	0,31	54,05	39,14	92,07
3	Конц.	8,78	1,19	52,1	3,60	52,65	2,23	39,11	20,06	4,76
	Пр.пр.	3,10	0,59	9,2	0,82	4,25	1,29	8,01	26,85	2,25
	Хв.	88,12	0,09	38,7	0,29	43,10	0,30	52,88	39,04	92,99

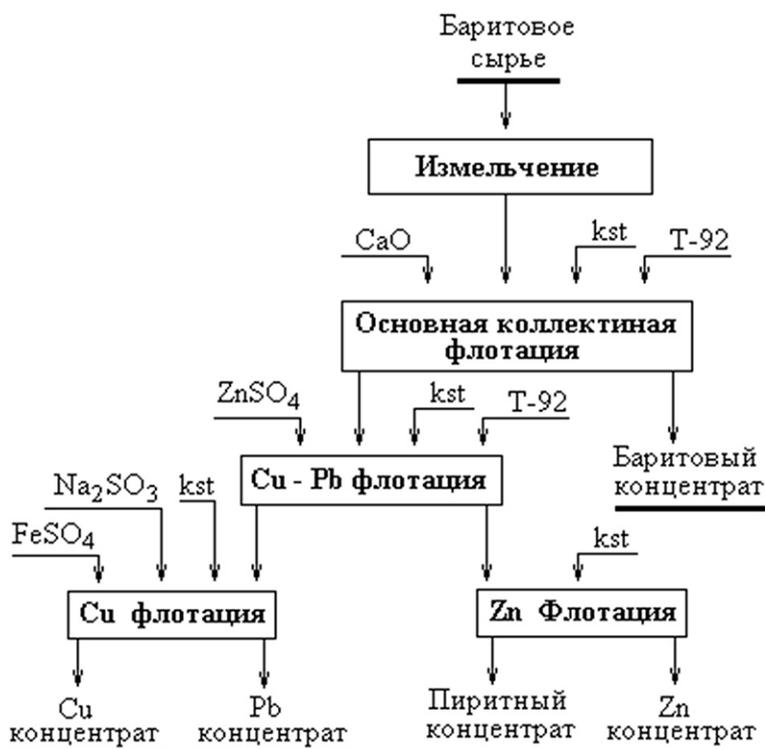


Рисунок 3 – Схема коллективно-селективной флотации баритового сырья

Таблица 3 – Показатели коллективно-селективной флотации баритового сырья по меди

Продукт	Выход продукта, %	Cu		Zn		Pb		BaSO ₄	
		Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %	Сод., %	Изв., %
Cu концентрат	1,55	7,55	58,63	0,99	2,56	0,78	2,42	28,41	1,19
Pb концентрат	3,97	0,20	4,02	1,25	8,25	5,71	45,31	29,36	3,15
Zn концентрат	3,12	0,04	0,58	9,81	50,98	0,17	1,05	20,40	1,72
FeS ₂ концентрат	24,74	0,04	5,45	0,04	1,67	0,03	1,32	31,60	21,13
BaSO ₄ концентрат	66,62	0,09	31,32	0,33	36,54	0,37	49,90	40,44	72,81

3. По коллективно-селективной схеме флотации баритового сырья достигнуто извлечение в одноименный концентрат меди 58,63%, цинка 50,98%, свинца 45,31%. Качество баритового концентрата осталось также на низком уровне – 40,44%.

Полученные данные свидетельствуют о потребности проведении обескремнивания перед флотацией, так как все результаты на одном уровне. Самые высокие показатели получены при флотации по классической схеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янулова М.К. Минералогия скарново-барито-полиметаллического месторождения Карагайлы. – Алма-Ата: АН КазССР, 1962. – Т.1. – 243 с.
2. Букаева А.Д. Производство цветных металлов в Республике Казахстан // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 12. – С. 561-563.
3. Фурсова М.З. Минералогия зоны окисления скарново-барито-полиметаллического месторождения Карагайлы // Тр. ИГН АН КазССР. – 1966. – Т. 15. – С. 196-201.
4. Экологически ориентированная переработка горнопромышленных отходов / Под ред. В.А. Чантурия и И.В. Шадреновой. М.: Издательство «Спутник+», 2018. – 200 с.
5. Копылова Н.В., Шкетова Л.Е., Селезнев А.Н. Разработка технологии цветных металлов из отходов обогатительных фабрик с использованием приемов био- и геотехнологии // Материалы международного совещания «Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и минерального сырья». Плаксинские чтения, 16-19 сентября 2014 года

- Алматы, 2014. – С. 384-385.
6. Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана: Справочник. – Алматы, 2013. – 122 с.
 7. Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – Москва: Недра, 1974. – 361 с.
 8. Флотореагент оксаль Т-92. – URL: <https://www.rushimset.ru/products/plastifikatory40/flotoreagent-quot-okstal-quot-marka-t-92/> (дата обращения 2021-05-30).
 9. Бутиловый ксантогенат калия. – URL: https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/potassium_butyl_xanthogenate.html (дата обращения 2021-05-30).
 10. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 116 с.
 11. Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. – Алма-Ата: Наука, 1977. – 37 с.

Техногенді барит шикізатын флотациялау үшін сұлба мен реагенттерді таңдау

- ¹*ТУРЕБЕКОВА Каракат Сериковна, докторант, kakosh-94@mail.ru,
²КАТКЕЕВА Гульнара Летаевна, т.ғ.к., доцент, зертхана меңгерушісі, katkeeva@mail.ru,
¹СУЛТАНГАЗИЕВ Руслан Бауржанович, PhD, доцент м.а., sulrus83@mail.ru,
²ОСКЕМБЕКОВ Ильяс Маликович, аға ғылыми қызметкер, ilyasosk@mail.ru,
³МОРОЗОВ Юрий Петрович, т.ғ.д., профессор, tails2002@inbox.ru,
¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,
²Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қазақстан, Қарағанды, Ермеков көшесі, 63,
³Орал мемлекеттік тау-кен университеті, Ресей, Екатеринбург, Куйбышев көшесі, 30,
 *автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қазақстан Республикасы үшін техногендік қалдықтарды, атап айтқанда құрамында барит бар қалдықтарды қайта өңдеу, түсті металлургияның шикізат базасын кеңейту өзекті мәселе болып табылады. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында техногендік қалдықтардың көп мөлшері бар: электр станцияларының күл үйінділері, өңдеу кәсіпорындарының қалдықтары, металлургиялық өндіріс қалдықтары. Техногендік қалдықтар қоршаған ортаға үлкен зиян келтіріп, ауаны, суды, топырақты ластауда. Сонымен қатар, олар жоғары сапалы өнім алу үшін бағалы шикізат болып табылады. Қарағайлы кен орнындағы барит-полиметалл рудасын флотациялық байыту қалдықтары осы мақалада зерттелетін шикізат болып табылады. Алдын ала кремнийсіздендірусіз флотациялық байыту әдісін қолданудың тиімділігін анықтау үшін құрамның бастапқы барит шикізатына зерттеулер жүргізілді, масс. үлес, %: SiO₂ – 40,9; BaSO₄ – 32,6; Al₂O₃ – 5,3; Fe – 4,6; S – 6,8; Zn – 0,6; Pb – 0,5; Cu – 0,2. Үш ашық циклді флотация схемасы қарастырылды: түсті минералдар үшін жинағыш ретінде калий бутилксантатының және Т-92 көпірткіштің көмегімен қарапайым флотация схемасы; сол реагенттермен және қосымша әкпен қарапайым флотация схемасы; ұжымдық-селективті флотация схемасы. Әрбір цикл үшін нәтижелер алынды және концентраттарға құнды компоненттің шығу үлесі есептелді.

Кілт сөздер: техногендік шикізат, флотация, кремнийсіздендіру, көпірткіш, жинағыш, мыс концентраты, мырыш концентраты, қорғасын концентраты, барит концентраты.

Choice of Scheme and Reagents for Flotation of Technogenic Barite Raw Materials

- ¹*TUREBEKOVA Karakat, doctoral student, kakosh-94@mail.ru,
²KATKEEVA Gulnara, Cand. Of Tech. Sci., Associate Professor, Head of Laboratory, katkeeva@mail.ru,
¹SULTANGAZIEV Ruslan, PhD, Acting Associate Professor, sulrus83@mail.ru,
²OSKEMBEKOV Ilyas, Senior Researcher, ilyasosk@mail.ru,
³MOROZOV Yuri, Dr. of Tech. Sci., Professor, tails2002@inbox.ru,
¹NPJSC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,
²Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Kazakhstan, Karaganda, Ermekov Street, 63,
³Ural State Mining University, Russia, Yekaterinburg, Kuibyshev Street, 30,
 *corresponding author.

Abstract. An urgent issue for the Republic of Kazakhstan is the processing of man-made waste, in particular barite-containing waste, and the expansion of the raw material base of non-ferrous metallurgy. Currently, the Republic of Kazakhstan has a large amount of man-made waste: ash dumps of power plants, waste from processing plants, waste from metallurgical production. Man-made waste causes great harm to the environment and pollutes the air, water and soil. In addition, they are a valuable raw material for obtaining high quality products. Waste from flotation enrichment of barite-polymetallic ore from the Karagaily deposit is the raw material under study in this article. In order to determine the effectiveness of the use of the flotation enrichment method without preliminary desilicization, studies were carried

out on the initial barite raw material of the composition, wt., %: SiO_2 – 40.9; BaSO_4 – 32.6; Al_2O_3 – 5.3; Fe – 4.6; S – 6.8; Zn – 0.6; Pb – 0.5; Cu – 0.2. Three open cycle flotation schemes were considered: a simple flotation scheme using potassium butyl xanthate as a collector for non-ferrous minerals and T-92 frother; simple flotation scheme with the same reagents and additionally with lime; collective-selective flotation scheme. For each cycle, results were obtained and the content and extraction of a valuable component into concentrates were calculated.

Keywords: technogenic raw materials, flotation, desilicization, blowing agent, collector, copper concentrate, zinc concentrate, lead concentrate, barite concentrate.

REFERENCES

1. Yanulova M.K. Mineralogy of the skarn-barite-polymetallic deposit of Karagaily. – Alma-Ata: ANKazSSR, 1962. – V.1. – 243 p.
2. Bukaeva A.D. Production of non-ferrous metals in the Republic of Kazakhstan // Theory and practice of social development. – 2012. – No. 12. – pp. 561-563.
3. Fursova M.Z. Mineralogy of the oxidation zone of the skarn-barite-polymetallic deposit Karagaily // Tr. IGN AN KazSSR. – 1966. – T. 15. – pp. 196-201.
4. Ecologically oriented processing of mining waste / Edited by V.A. Chanturia and I.V. Shadrinova. Moscow: Sputnik+ Publishing House, 2018. – 200 p.
5. Kopylova N.V., Shketova L.E., Seleznev A.N. Development of technology for non-ferrous metals from the waste of concentrating factories using bio- and geotechnology methods // Proceedings of the international meeting «Progressive methods of enrichment and complex processing of natural and mineral raw materials». Plaksinsky readings, September 16-19, 2014 – Almaty, 2014. – pp. 384-385.
6. Technogenic mineral raw materials of ore deposits of Kazakhstan: Handbook. – Almaty, 2013. – 122 p.
7. Mitrofanov S.I., Barsky L.A., Samygin V.D. Study of minerals for washability. – Moscow: Nedra, 1974. – 361 p.
8. Flotoreagent oxal T-92. – URL: <https://www.rushimset.ru/products/plastifikatory40/flotoreagent-quot-oksal-quot-marka-t-92/> (accessed 2021-05-30).
9. Butyl potassium xanthate. – URL: https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/potassium_butyl_xanthogenate.html (accessed 2021-05-30).
10. Malyshev V.P. Probabilistic-deterministic planning of experiment. – Alma-Ata: Science, 1981. – 116 p.
11. Malyshev V.P. Mathematical planning of metallurgical and chemical experiment. – Alma-Ata: Science, 1977. – 37 p.