

УДК 541.49:541.132+546.56

Ш.К.Амерханова, Р.М.Шляпов, Н.М.Курбаналиев

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: amerkhanova_sh@mail.ru)

Разработка режима флотационного обогащения медно-свинцовой руды месторождения «Аяк-Коджан» с использованием смеси флотореагентов

В статье изучена сорбция коллекторов дибутилдитиофосфата натрия на образцах медно-свинцовой руды. Были определены величины адсорбционного равновесия. Получена кривая сорбции селективного коллектора, которым служил дибутилдитиофосфат натрия. Определен характер взаимодействия коллектора с поверхностью руды. Авторами был проведен сравнительный анализ флотационных свойств дибутилдитиофосфата аммония и дибутилдитиофосфата натрия по отношению к медно-свинцовой руде месторождения «Аяк-Коджан». Выявлено, что применение дибутилдитиофосфата натрия в составе смеси способствует извлечению меди в концентрат. Рассчитаны индексы селективности при использовании смеси фосфорсодержащих собирателей.

Ключевые слова: флотация, сорбция, медно-свинцовая руда, дибутилдитиофосфат натрия, дибутилдитиофосфат аммония, фосфорсодержащие собиратели, селективность.

Проблема извлечения цветных металлов из лежалых шламов сульфидных полиметаллических и медно-цинковых руд является весьма актуальной в связи с огромными запасами этих металлов, накопленных в сформировавшихся к настоящему времени техногенных месторождениях [1]. Технические проблемы флотационного обогащения шламов сульфидных полиметаллических и медно-цинковых руд общеизвестны и заключаются в следующем: полная окисленность сырья, неселективная агрегация, высокий механический вынос в пенный продукт, огромная удельная поверхность, как следствие, многократное увеличение расхода флотационных реагентов и т.д. Перечисленные особенности не позволяют перерабатывать шламы сульфидных полиметаллических и медно-цинковых руд по традиционным схемам и реагентным рецептурам [2].

Экспериментальная часть

Флотация образцов полиметаллической руды проводилась по методике, описанной в [3].

Расчет основных показателей флотации проводился по формулам [3]:

Выход продукта (концентрата) E (%):

$$E = \frac{m_k}{m} 100 \%. \quad (1)$$

Степень извлечения x (%):

$$x = \frac{C_k m_k}{C_m} 100 \%, \quad (2)$$

где C_k, C — содержание полезного компонента в концентрате и в руде, массовой долей.

Степень концентрирования (степень обогащения) K :

$$K = C_k / C. \quad (3)$$

Атомно-абсорбционный анализ выполнялся на приборе марки АА240.

Адсорбция фосфорсодержащих коллекторов по отношению к полиметаллической руде проводилась по методике, описанной в [4].

Константы адсорбционного равновесия рассчитывали по формуле

$$C_L = C_M \frac{V_M}{V_L}, \quad (4)$$

где C_L , C_M — концентрации лиганда и металла; V_L , V_M — их объемы.

Из получаемых значений рассчитывали значение адсорбции по уравнению

$$\frac{x}{m} = \frac{(C_o - C_p)V}{m}, \quad (5)$$

где c_o , c_p — начальная и равновесная концентрации раствора, моль/л; V — объем раствора, в котором происходит процесс адсорбции, мл; m — количество адсорбента, г.

Дисперсный анализ образцов руды был выполнен в технопарке «Сарыарка», с помощью микроскопа марки «40Pol».

Материалы и реагенты

Исходными растворами для проведения сорбции и флотации были дибутилдитиофосфаты натрия и аммония (расход 50 г/т), приготовленные разбавлением более концентрированных растворов, а также бутилового ксантогената калия (расход 150 г/т) и CuSO_4 концентрацией (10^{-4} моль/л), которые были приготовлены растворением точной навески в дистиллированной воде. В качестве пенообразователя использовался диизооктилдитиофосфат аммония (расход 15 г/т), регулятором среды служила известь (расход 3000 г/т).

Обсуждение результатов

Ранее было доказано, что сорбционные свойства бутилового ксантогената калия по отношению к образцам медно-свинцовой руды обусловлены взаимодействием сульфидной и сульфгидрильной групп с ионами металла кристаллической решетки [5].

Далее был проведен дисперсный анализ образцов руды месторождения «Аяк-Коджан» (рис. 1), результаты которого показали, что преимущественным является присутствие фракции зерен, имеющих 9–12 баллов, в количестве 6–18 %.

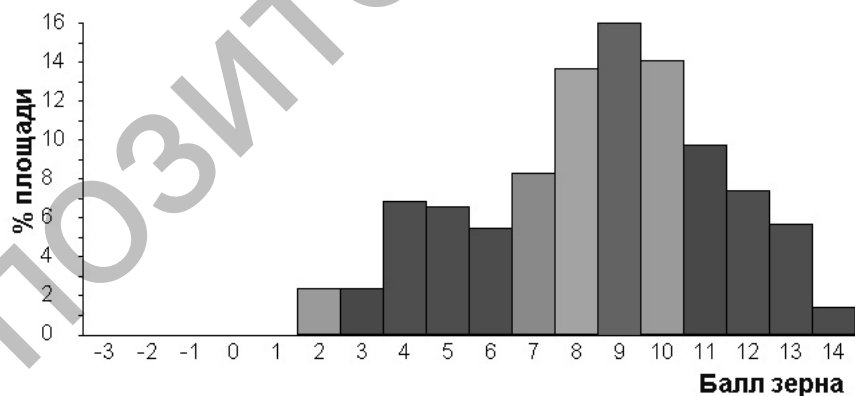


Рисунок 1. Результаты фракционного анализа образцов руды месторождения «Аяк-Коджан»

Остальная часть зерен имеет 13 и 14 баллов, что соответствует размерам 0,0039–0,0024 мм, что ниже допустимого значения порога измельчения для флотации. Поэтому руда представлена относительно мягкими породами с коэффициентом крепости $f = 8–12$, который характерен для крепких песчаников, колчеданов и железных руд [6].

Однако состав руды может существенно изменить сорбционные свойства. Поэтому была изучена сорбционная способность дибутилдитиофосфата аммония к образцам медно-свинцовой руды (табл. 1).

Результаты потенциметрического определения адсорбционного равновесия в системе «медно-свинцовая руда – смесь дибудилдителиофосфат натрия:дибутилдителиофосфат аммония» при $T = 313 \text{ K}$

№ раствора	$C_0 \cdot 10^5$, моль/л	$C_p \cdot 10^4$, моль/л	$x/m, \cdot 10^3$	$\lg C_p$	$\lg(x/m)$
1	2,00	4,00	–	–3,4	–
2	2,00	2,40	8,00	–3,62	–2,1
3	1,00	2,80	2,00	–3,55	–2,7

Из таблицы видно, что максимум сорбции смещается в сторону более низких концентраций, т.е. возможен процесс десорбции либо разрушения комплексов. Процесс сорбции на руде при высоких концентрациях собирателя затруднен вследствие формирования комплексов собирателя с ионами металла, которые являются продуктами выщелачивания поверхности руды. Данный процесс приводит к образованию твердой фазы, которое сопровождается выделением тепла. Обобщая полученные данные, можно сделать вывод, что флотореагент присутствует в ближнем координационном окружении, которое входит в состав плотного слоя Гельмгольца [6].

Далее были изучены флотационные свойства смеси дибудилдителиофосфата натрия – дибутилдителиофосфата аммония (1:2) (рис. 2, табл. 2).

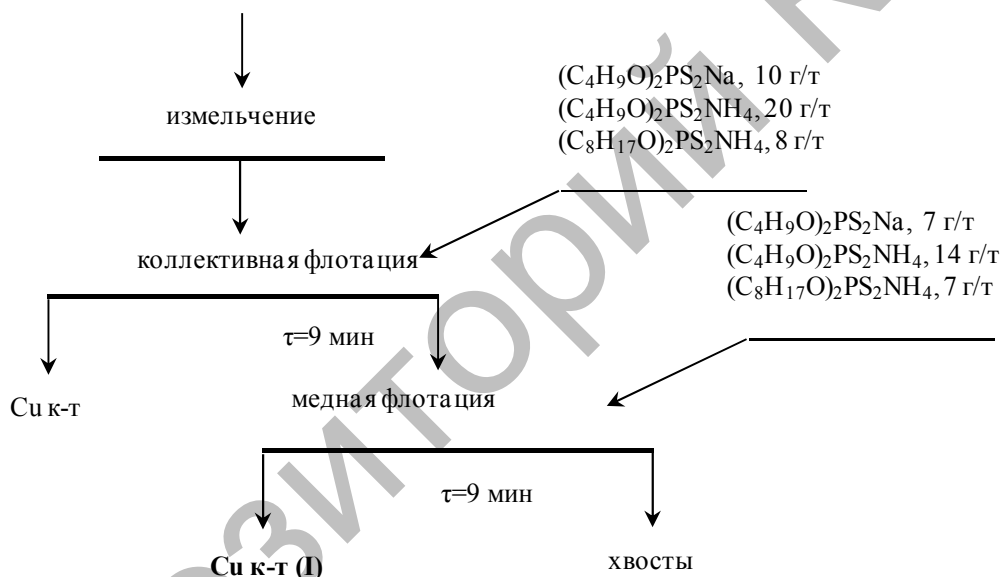


Рисунок 2. Результаты флотационного обогащения медно-свинцовой руды с использованием смеси дибудилдителиофосфата натрия – дибутилдителиофосфата аммония (1:2)

Результаты схемных опытов с использованием сульфгидрильных коллекторов на пульпе текущей переработки (смеси дибудилдителиофосфата натрия – дибутилдителиофосфата аммония (1:2))

Продукт	Выход		Извлечение, %		Степень обогащения, %	
	г	%	Fe	Cu	Fe	Cu
Дибудилдителиофосфат натрия:дибутилдителиофосфат аммония, 51 г/т, диизооктилдителиофосфат аммония, 15 г/т						
Концентрат	1	10	21,44	35,25	2,14	3,53
Хвосты	9	90	78,56	64,75	0,87	0,72
Итого	10	100	100	100	3,01	4,25

Для соотношения 1:2 дибутилдителиофосфат аммония:дибутилдителиофосфат аммония уменьшение расхода собирателей не способствует увеличению качества медного концентрата, т.е. дибутилдителиофосфат аммония еще в меньшей степени обеспечивает достаточное извлечение меди в основной мед-

ной флотации в рудном цикле, по сравнению с дибутилдитиофосфатом натрия. Таким образом, в результате проведенных исследований влияния сорбционных характеристик смеси на выход концентрата и содержание металла установлено, что величина качества концентрата находится в прямолинейной зависимости от сорбционной способности дибутилдитиофосфата натрия.

Следующим этапом работы было оценка основных параметров флотации сульфидрильных собирателей по отношению к образцам шламовой руды. На рисунках 3, 4 приведены схемы проведения лабораторных исследований для смесей коллекторов (бутилового ксантогената калия и диизооктилдитиофосфата аммония), (дибутилдитиофосфата аммония – дибутилдитиофосфата натрия).

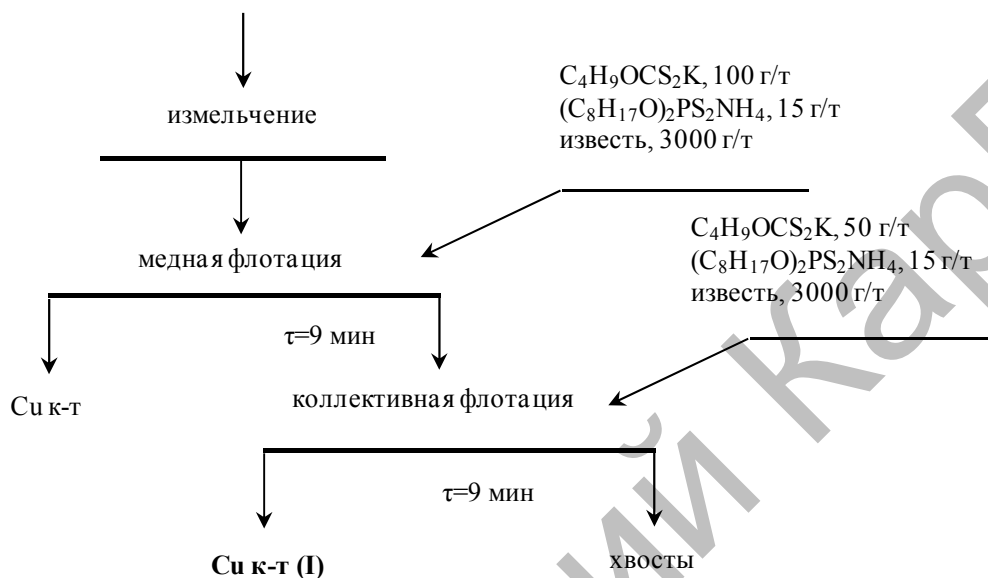


Рисунок 3. Принципиальная лабораторная схема флотации шламовой руды смеси бутилового ксантогената калия и диизооктилдитиофосфата аммония

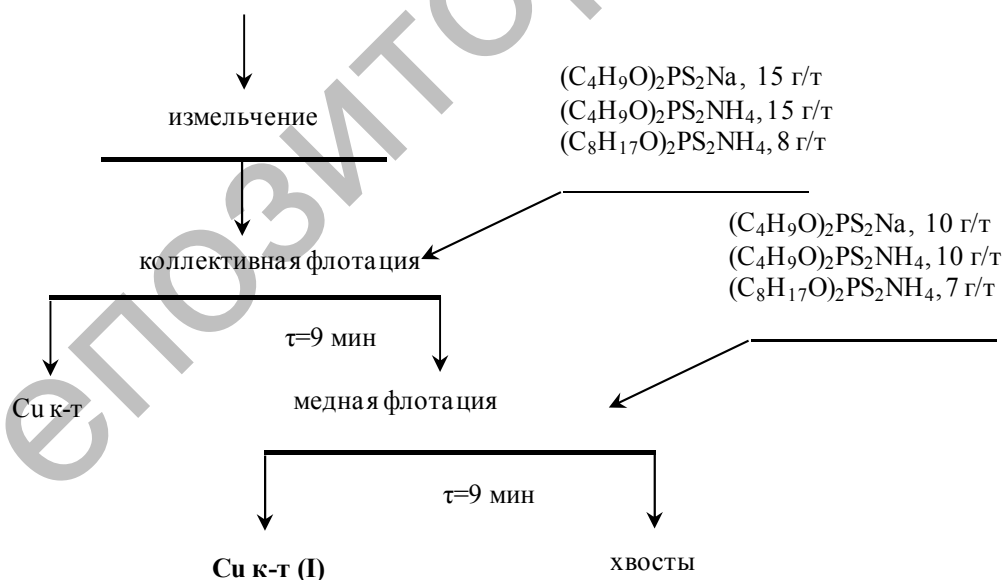


Рисунок 4. Принципиальная лабораторная схема флотации шламовой руды смесью дибутилдитиофосфат натрия – дибутилдитиофосфат аммония

В таблице 3 приведены результаты, полученные по схеме коллективной флотации с выделением медного концентрата для сульфидрильных коллекторов.

**Результаты схемных опытов с использованием смесей сульфгидрильных коллекторов
на пульпе текущей переработки**

№	Продукт	Выход		Извлечение, %		Степень обогащения		I _{Cu}
		г	%	Fe	Cu	Fe	Cu	
1	Бутиловый ксантогенат калия, 150 г/т, и диизооктилдитиофосфат аммония, 30 г/т							
	Концентрат	1	10	65,81	33,71	6,58	3,71	0,51
	Хвосты	9	90	34,19	66,29	0,38	0,74	1,94
	<i>Итого</i>	10	100	100	100	6,96	4,15	—
2	Дибутилдитиофосфат натрия-дибутилдитиофосфат аммония (1:1), 50 г/т, и диизооктилдитиофосфат аммония, 15 г/т							
	Концентрат	1	10	71,89	42,70	7,19	4,27	0,59
	Хвосты	9	90	28,11	57,30	0,31	0,64	2,03
	<i>Итого</i>	10	100	100	100	7,50	4,91	-

Показано, что выбор того или иного режима разделения свинцовых и медных минералов зависит прежде всего от минерального состава концентратов и определяется, в первую очередь, присутствием вторичных сульфидных медных минералов (халькопирит). Увеличение содержания минералов меди в руде, а следовательно, и в коллективном концентрате приводит к появлению в пульпе большого количества ионов меди, так как эти минералы в дальнейшем переводятся в раствор.

Согласно полученным результатам процесс флотации медно-свинцовой руды с использованием дибутилдитиофосфата натрия и дибутилдитиофосфата аммония в качестве собирателей отмечается высоким извлечением меди и железа в коллективный концентрат. Дибутилдитиофосфат натрия является более сильным собирателем, чем дибутилдитиофосфат аммония, а также в меньшей степени флотирующий неактивированный пирит. Использование высокого содержания дибутилдитиофосфата натрия и по сравнению с дибутилдитиофосфатом аммония в соотношении (1:1) в коллективной флотации, а в основной флотации позволяет снизить потери меди и железа с хвостами.

Анализ индексов селективности (табл. 3) показал, что присутствие в смеси фосфорсодержащих собирателей увеличивает селективность реагентов по отношению к минералам меди. В то же время возрастает переход железа в концентрат, это обусловлено присутствием не отдельных минералов меди и железа, а халькопирита как базового рудного компонента породы.

Заключение

На основании фракционного состава руды установлена принадлежность руды месторождения «Аяк-Коджан» к типу крепких песчаников. Рассчитаны равновесные характеристики сорбции смеси дибутилдитиофосфата натрия с дибутилдитиофосфатом аммония. Выявлено, что применение дибутилдитиофосфата натрия в составе смеси способствует извлечению меди в концентрат. Рассчитаны индексы селективности при использовании смеси фосфорсодержащих собирателей.

Данные исследования были выполнены по проекту «Научно обоснованный подбор отечественных известных и искусственно-синтезированных флотореагентов для флотационного обогащения полиметаллических руд» (№ госрегистрации 0112PK00674).

Список литературы

- 1 *Абрамов А.А.* Флотационные методы обогащения. — М.: Высш. шк., 2008. — 303 с.
- 2 Прогрессивные методы обогащения и технологии глубокой переработки руд цветных, редких и платиновых металлов. (Плаксинские чтения): Материалы Междунар. совещания (2–8 октября 2006 г.); ГОУ ВПО «ГУЦМиЗ»; ИХХТ СО РАН. — Красноярск, 2006.
- 3 *Wenqing Qin, Fen Jiao, Wei Sun, Mingfei He, Hongjun Huang.* Selective Flotation of Chalcopyrite and Marmatite by MBT and Electrochemical Analysis // Ind. Eng. Chem. Res. — 2012. — Vol. 51(35). — P. 11538–11546.
- 4 *Богданов О.С.* Теория и технология флотации руд. — М.: Недра, 1990. — С. 324–330.
- 5 *Baldaev N.S.* Laboratory workshop of General Chemical Technology. (Laboratory practical work on general chemical technology). — Ulan-Ude: Publ. house of VSGTU, 2001. — 54 p.
- 6 *Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д.* Исследование полезных ископаемых на обогатимость. — М.: Недра, 1974. — С. 289–291.

Ш.К.Әмерханова, Р.М.Шляпов, Н.М.Құрбаналиев

«Аяқ-Қоджан» кен орнының мысты-қорғасынды кендерін флотореагенттер қоспасын қолдану арқылы флотациялық байытудың тәртібін құру

Мақалада аммоний және натрий дибутилфосфатының мысты-қорғасынды кендерінің үлгілеріне сорбциясы зерттелді. Селективті коллектордың сорбция қисығы анықталды, коллектор ретінде натрийдің дибутилдитиофосфаты қолданылды. Коллектордың кен бетімен әрекеттесу сипаты айқындалды. «Аяқ-Қоджан» кен орнындағы мысты-қорғасынды кендеріне аммоний мен натрий дибутилдитиофосфатының салыстырмалы флотациялық қасиеттерінің талдауы жасалды. Натрий дибутилфосфаттың қоспаның құрамында қолданылуы мыстың концентратқа өтуіне әсер ететіні айқындалды. Фосфорқұрамды жинағыштар қоспасының қолдануының таңдамалық индексі есептелді.

Sh.K.Amerkhanova, R.M.Shlyapov, N.M.Kurbanaliev

Development of flotation mode of copper-lead ore of «Ayak-Kodzhan» deposit using a mixture of flotation reagents

Sorption of collectors — dibutyldithiophosphate ammonium and sodium on the samples of copper and lead ore was studied. The values of adsorption equilibrium were determined. The curve of the selective collector was obtained, dibutyldithiophosphate sodium was used as collector. The character of the interaction of collector with ore surface was established. Also a comparative analysis of flotation properties of dibutyldithiophosphate ammonium and dibutyldithiophosphate sodium in relation to polymetallic ore of «Ayak-Kodzhan» deposit was carried out. It was established that the use of sodium dibutyldithiophosphate in the mixture promotes the recovery of copper in concentrate. The selectivity index at the using a mixture of phosphorus-collectors was calculated.

References

- 1 Abramov A.A. *Flotation methods of enrichment*, Moscow: Vyschaya shkola, 2008, 303 p.
- 2 *Progressive enrichment methods and technologies for deep processing non-ferrous and rare metals and platinum*. (Plaksin reading): Mater. internat. meeting (2006, October, 2–8); GOU VPO «GUTsMiZ»; ICCT SB RAS, Krasnoyarsk, 2006.
- 3 Wenqing Qin, Fen Jiao, Wei Sun, Mingfei He, Hongjun Huang. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2012, 51(35), p. 11538–11546.
- 4 Bogdanov O.S. *Theory and technology of flotation*, Moscow, 1990, p. 324–330.
- 5 Baldaev N.S. *Laboratory workshop of General Chemical Technology. (Laboratory practical work on general chemical technology)*, Ulan-Ude: Publ. House of VSGTU, 2001, 54 p.
- 6 Mitrofanov S.I., Barsky L.A., Samygin V.D. *Study minerals on washability*, Moscow: Nedra, 1974, p. 289–291.