УДК
622.7.017.24

Е.А. Заварухина, Н.Н. Орехова

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОБИРАТЕЛЯ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ФЛОТАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СУЛЬФИДОВ МЕДИ И ЦИНКА*

Рассмотрена проблема получения высококачественных концентратов при обогащении тонковкрапленных труднообогатимых медно-цинковых руд. Описаны трудности при флотации таких руд и пути их решения. Основным направлением повышения технологических показателей является совершенствование реагентного режима флотации медно-цинковых руд. В технологических схемах флотации необходимо применение таких химических веществ, которые бы не только слабо флотировали сульфиды железа, но и гарантировали селективное разделение минералов меди и цинка друг от друга. Проведено изучение возможности повышения селективности флотационного разделения сульфидов меди и цинка путем применения композиции реагентов – диалкилдитиофосфата натрия и бутилового ксантогената. Проведено сравнение результатов экспериментов. Установлено влияние соотношения основного собирателя Кх и дополнительного собирателя БТФ на технологические показатели флотации и селективность разделения сульфидов меди и цинка.

Ключевые слова: флотация, медно-цинковые руды, извлечение, медь, цинк, разделение, селективность.

Руды цветных металлов в своем большинстве – комплексное сырье, которое служит исходным материалом для получения целого ряда металлов. Из 25 основных промышленных типов руд извлекается более 70 ценных компонентов, причем 16 из них относятся к основным металлам, а 36 – к сопутствующим [1]. Следовательно, большое значение при переработке минерального сырья приобретает его комплексное использование – то есть создание такой технологии, которая бы обеспечивала наиболее полное, экономически оправданное использова-

* Работа выполнена при поддержке ФЦП Минобрнауки РФ, соглашение 14.604.21.0128.

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 3. С. 305–311.
© 2017. Е.А. Заварухина, Н.Н. Орехова.

ние всех полезных компонентов, содержащихся в сырье. С течением времени содержание ценных компонентов в поступающих на переработку рудах неустанно снижается. На сегодняшний день запасы богатых руд практически исчерпаны. Это служит одной из причин вовлечения в переработку сырья, имеющего очень сложный вещественный состав, а также техногенных образований.

Применяемые в настоящее время технологические схемы обогащения руд цветных металлов отличаются большим разнообразием – от простых малооперационных до сложных многооперационных с использованием не только процессов обогащения, но и процессов пиро- и гидрометаллургии.

Основным процессом обогащения руд, в которых в качестве преимущественного металла находится медь, является флотация, и лишь малая их часть подвергается металлургической переработки или обогащения другими методами.

Флотационное обогащение медно-цинковых руд вызывает определенные трудности при получении готовых продуктов высокого качества. Основополагающая проблема кроется в близости флотационных свойств сульфидов меди, цинка и железа, наряду со сложностью их вещественного состава и характером вкрапленности. Эти причины обуславливают применение, как правило, коллективно-селективной схемы флотации для обогащения вкрапленных медно-цинковых руд. Поэтому вопрос селективного разделения сульфидов меди и цинка от сульфидов железа, а затем селективного флотационного разделения коллективного концентрата актуальности не теряет.

Разработкой селективных реагентных режимов при флотации медно-цинковых руд занимались многие известные ученые еще с советских времен. Основные методы усовершенствования реагентного режима ориентированы на использование новых, высокоселективных собирателей. Наиболее эффективным направлением, как показывает практика [2, 3], стало применение дополнительного собирателя, более слабого, чем ксантогенат. В качестве таких менее сильных, но селективных коллекторов широкое применение нашли дитиофосфаты (класс аэрофлотов). В работах [4, 5] описано изучение собирательных свойств различных реагентов, содержащих диалкидитиофосфаты натрия, и влияние их на флотацию сульфидов. А в работе [6] приведены высокие технологические показатели флотации различных типов руд в лабораторных и промышленных масштабах с применением диалкидитиофосфатов.

Положительный опыт применения дитиофосфатов обусловил выбор в качестве направления исследований изучение влияния реагентов диалкилдитиофосфатов. Целью данной работы было изучение возможности повышения селективности флотационного разделения сульфидов меди и цинка путем применения композиции реагентов – диалкилдитиофосфата натрия и бутилового ксантогената.

На сегодняшний день в РФ флотационные реагенты на основе диалкилдитиофосфатов выпускает компания ЗАО «Квадрат Плюс». Это различные флотореагенты, представляющие собой водные и неводные растворы диалкилдитиофосфатов, для флотации руд цветных, редких и драгоценных металлов под общим брендом «БТФ». По данным разработчика одним из наиболее селективных реагентов из всей производимой номенклатуры диалкилдитиофосфатов является БТФ-1541 [7].

На первоначальном этапе наших исследований изучена зависимость получаемых показателей от соотношения расходов бутилового ксантогената и реагента БТФ-1541. Испытания про-

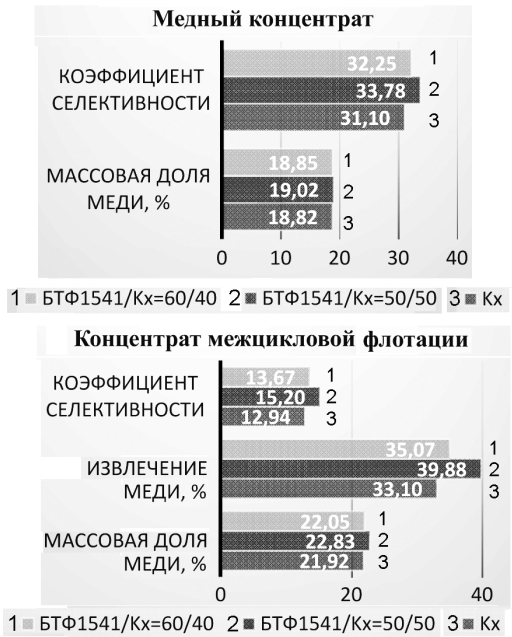

Рис. 1. Влияние соотношения основного собирателя Кх и дополнительного собирателя БТФ на технологические показатели флотации и селективность разделения сульфидов меди и цинка

Рис. 2. Влияние соотношения основного собирателя Кх и дополнительного собирателя БТФ на технологические показатели флотации и селективность разделения сульфидов меди и цинка

водились в лабораторных условиях на пробе медно-цинковой руды Уральского региона (месторождение «Юбилейное»). Эксперименты выполнялись по принятой на Хайбуллинской ОФ схеме коллективно-селективной флотации медно-цинковых руд с выделением концентрата межцикловой флотации.

По результатам флотационных опытов в открытом цикле можно с уверенностью считать, что применение дополнительного собирателя при флотации медно-цинковой руды положительно отражается на технологических показателях.

При использовании равных долей двух собирателей получен суммарный медный концентрат с несколько большим содержанием меди без потери извлечения. Извлечение сохраняется на уровне 82% (рис. 1).

Эффект от действия изученной композиции собирателей отчетливо заметен уже с начала технологической цепочки: извлечение меди в концентрат межцикловой флотации (который выводится из процесса в готовый медный концентрат) повышается на 6,78% при увеличении содержания меди на 0,9% (рис. 1). Важно отметить, что селективность процесса флотации при этом не нарушается, а даже несколько повышается: коэффициент селективности (предложенный Годеном) при использовании одного ксантогената составляет 12,94, при использовании двух собирателей в соотношении 1:1 – 15,20.

Заметно, что происходит увеличение селекции сульфидов меди и цинка и в питании цинковой флотации (рис. 2). Это

Влияние соотношения основного собирателя Кх и дополнительного собирателя БТФ на технологические показатели флотации и селективность разделения сульфидов меди и цинка

Продукт	Выход, %	Массовая доля, %		Извлечение, %		Коэффициент селективности
		медь	цинк	медь	цинк	
Бутиловый ксантогенат						
К-т М/ц фл	3,24	23,50	2,50	39,77	6,63	9,40
Общий медный к-т	8,81	18,27	2,83	84,06	20,38	6,46
Цинковый к-т	2,05	3,00	32,11	3,21	53,84	10,70
БТФ1541 / БКх = 50/50						
К-т М/ц фл	3,44	23,86	2,27	39,44	5,31	10,51
Общий медный к-т	9,32	19,41	2,64	86,90	16,74	7,34
Цинковый к-т	2,98	2,50	33,12	3,58	67,09	13,25
БТФ1541 / БКх = 60/40						
К-т М/ц фл	3,20	23,20	2,41	38,83	5,78	9,63
Общий медный к-т	8,86	18,11	2,80	83,93	18,56	6,47
Цинковый к-т	2,66	3,02	30,42	4,20	60,61	10,07

говорит о том, что сочетание реагента БТФ 1541 с ксантогенатом в равных пропорциях позволяет уменьшить потери цинка в медном цикле, и тем самым направить на цинковую флотацию более богатый сфалеритом продукт, содержащий на 5% больше цинка. Данный факт предоставляет возможность получить цинковый концентрат богаче на 5,05% с приростом извлечения цинка на 4,46%.

Проведенные лабораторные эксперименты в замкнутом цикле при тех же условиях полностью подтвердили выявленные закономерности (таблица).

Из данных таблицы следует, что с применением реагента БТФ 1541 совместно с ксантогенатом в равных долях получен медный концентрат с содержанием меди 19,41%, цинка 2,64% при извлечении меди 86,9%, коэффициент селективности разделения минералов меди и цинка составляет 32,99. С использованием бутилового ксантогената получен медный концентрат с содержанием меди 18,27%, цинка 2,83% при извлечении меди 84,06%, коэффициент селективности разделения минералов меди и цинка составляет 20,66. Можно отметить, что цинковые

концентраты во всех случаях получены невысокого качества, на уровне 30–33%. Это связано с нарастанием циркуляции шламов пирита в процессе. Но, несмотря на это, удалось поднять извлечение цинка в цинковый концентрат на 13%.

Результаты проведенных флотационных испытаний позволяют сделать вывод, что селективность разделительного процесса, качество готовых продуктов и полнота извлечения металлов в разноименные концентраты могут быть повышены путем применения композиции реагентов, представленной слабым диалкилдитиофосфатом БТФ 1541 и традиционным сильным собирателем – ксантогенатом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адамов Э. В.* Технология руд цветных металлов. – М.: МИСиС, 2007. – С. 515.

2. *Бочаров В. А.*, *Игнаткина В. А.* Технологическая оценка выбора и эффективного применения композиций собирателей при селективной флотации сульфидных и окисленных минералов / Материалы Международного совещания «Плаксинские чтения-2010». – Казань, 2010. – С. 25–29.

3. *Зимбовский И. Г.*, *Иванова Т. А.*, *Чантурия Е. Л.*, *Федотов К. В.* О механизме действия 1-фенил-2,3-диметил-аминопиразолона-5 в процессе флотации халькопирита и активированного ионами меди сфалерита при обогащении медно-цинковых руд / Материалы Международного совещания «Плаксинские чтения-2013 «Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья». – Томск, 2013. – С. 183–185.

4. *Рябой В. И.*, *Шепета Е. Д.*, *Кретов В. П.*, *Левковец С. Е.*, *Рябой И. В.* Влияние поверхностно-активных свойств реагентов, содержащих диалкилдитиофосфаты натрия, на флотацию сульфидов // Обогащение руд. – 2015. – № 2. – С. 18–22.

5. *Кондратьев С. А.*, *Рябой В. И.* Оценка собирательной силы дитиофосфатов и ее связь с селективностью извлечения полезного компонента // Обогащение руд. – 2015. – № 3. – С. 25–30.

6. *Рябой В. И.*, *Кретов В. П.*, *Смирнова Е. Ю.* Исследования по использованию диалкилдитиофофсфатов серии БТФ при флотации сульфидных руд // Обогащение руд. – 2013. – № 2. – С. 17–21.

7. http://kvadratplus.ru/files/Description%20flotoreagents%20brand%20BTF%20.pdf ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Орехова Наталья Николаевна – доктор технических наук, доцент, Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова, e-mail: n_orehova@mail.ru,

Заварухина Екатерина Александровна – младший научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр РАН, e-mail: ekaterina-0509@yandex.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 3, pp. 305–311.

UDC
622.7.017.24

E.A. Zavarukhina, N.N. Orekhova

EFFECTS OF ADDITIONAL COLLECTING AGENT ON SELECTIVITY OF FLOTATION OF COPPER AND ZINC SULFIDES

The problem of obtaining high-quality concentrates with the beneficiation of finely disseminated refractory copper-zinc ores. Described difficulties in the flotation of such ores and their solutions. The main way to increase performance is to improve reagent flotation mode of copper-zinc ores. In technological flotation circuits it is necessary to use such chemicals that not only had weak fluoroware iron sulfides, but also guarantee a selective separation of the minerals copper and zinc from each other. In this paper, we investigate the possibility of increasing the selectivity of flotation separation of sulfides of copper and zinc by applying the composition of reagents dialkyldithiophosphate and sodium butyl xanthate. A comparison of the results of the experiments. The influence of the ratio Kh of the main collector and additional collector of BTF in the technological parameters of flotation and the selectivity of separation of sulfides of copper and zinc.

Key words: flotation, copper-zinc ore extraction, copper, zinc, separation, selectivity.

AUTHORS

Orekhova N.N., Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor,
Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov,
455000, Magnitogorsk, Russia, e-mail: n_orehova@mail.ru,
Zavarukhina E.A., Junior Researcher,
Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia,
e-mail: ekaterina-0509@yandex.ru.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study has been supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the framework of the federal targeted program, Agreement No. 14.604.21.0128.

REFERENCES

1. Adamov E. V. *Tekhnologiya rud tsvetnykh metallov* (Technology of ores of nonferrous metals), Moscow, MISiS, 2007, pp. 515.

2. Bocharov V. A., Ignatkina V. A. *Materialy Mezhdunarodnogo soveshchaniya «Plaksinskie chteniya-2010»* (Materials of International conference «Plaksinsky readings-2010»), Kazan, 2010, pp. 25–29.

3. Zimbovskiy I. G., Ivanova T. A., Chanturiya E. L., Fedotov K. V. *Materialy Mezhdunarodnogo soveshchaniya «Plaksinskie chteniya-2013 «Innovatsionnye protsessy kompleksnoy i glubokoy pererabotki mineral'nogo syr'ya»* (Materials of International conference «Plaksinsky readings-2013 «Innovative processes of complex and deep processing of mineral raw materials»), Tomsk, 2013, pp. 183–185.

4. Ryaboy V. I., Shepeta E. D., Kretov V. P., Levkovets S. E., Ryaboy I. V. *Obogashchenie rud*. 2015, no 2, pp. 18–22.

5. Kondrat'ev S. A., Ryaboy V. I. *Obogashchenie rud*. 2015, no 3, pp. 25–30.

6. Ryaboy V. I., Kretov V. P., Smirnova E. Yu. *Obogashchenie rud*. 2013, no 2, pp. 17–21.

7. http://kvadratplus.ru/files/Description%20flotoreagents%20brand%20BTF%20.pdf