

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.765

Комплексное использование
минерального сырья. № 1. 2017.

С. М. БИЛЯЛОВА*, Н. К. ТУСУПБАЕВ, Ж. А. ЕРЖАНОВА, А. М. МУХАМЕДИЛОВА

Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан, *Salta.b-79@mail.ru

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФЛОТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕАГЕНТОВ

Резюме: На основе комплексных исследований был выбран селективный собиратель – полифункциональный (ПФ) реагент, состоящий из смеси бутилового ксантогената (БКс), N-аллил-о-изобутилтионокарбамата (ТС-1000) и композиционного аэрофлота (КА), взятых в мольном соотношении 1:1:2. Исследованы следующие коллоидно-химические характеристики базовых и ПФ реагентов: поверхностное натяжение, адсорбция на границе вода–воздух, смачивание. На основании коллоидно-химических свойств проведена оценка флотиремости сульфидных мономинералов: галенита, пирита, сфалерита и халькопирита, с использованием указанных базовых и ПФ флотореагентов. Проведены опыты по флотации сульфидной полиметаллической руды тишинского месторождения, где применяли вышеперечисленные флотореагенты. В коллективной медно-свинцовой флотации использована смесь оптимального состава, которая включала полифункциональный реагент и пенообразователь Т-80, в количествах – 15 г/т и 10 г/т, соответственно. Для сравнения был использован базовый флотореагент, содержащий 15 г/т БКс и 20 г/т Т-80. При использовании разработанного ПФ реагента получен коллективный медно-свинцовый концентрат, содержащий 11,3 % Си при извлечении 80,4 % и 13,8 % Рb при извлечении 73,0 %. Содержание в нем Au – 13,3 г/т при извлечении 41,4 %, Ag – 144,8 г/т при извлечении 45,78 %. Показано, что по сравнению с базовым режимом, извлечение меди в коллективный медно-свинцовый концентрат увеличивается на 4,1 %, свинца – на 4,8 %; содержание Au и Ag увеличивается на 2,9 и 20,4 г/т, соответственно. В случае цинковой флотации в присутствии 55 г/т ПФ реагента и 20 г/т пенообразователя Т-80 получен цинковый концентрат с содержанием цинка 56,3 % при извлечении 93,6 %. По сравнению с базовым режимом флотации (БКс – 65 г/т и Т-80 – 20 г/т) содержание цинка в цинковом концентрате с применением полифункционального реагента увеличивается на 1,7 %; извлечение цинка в цинковый концентрат возрастает на 2,5 %.

Ключевые слова: полифункциональный реагент, композиционный аэрофлот, сульфидные минералы, адсорбция, поверхностное натяжение, смачиваемость, флотация, руда тишинского месторождения

Введение. В промышленной практике флотации сульфидов, окисленных минералов тяжелых цветных металлов, самородных и благородных металлов широкое применение получили только ксантогенаты, диалкилдитиофосфаты и меркаптаны. Для селективного извлечения из руд свыше 40 минералов тяжелых цветных и благородных металлов, образованных 15 элементами, обладающими различными физико-химическими и флотационными свойствами, при флотации используется всего 5-6 типов сульфидрильных собирателей. Поиск и разработка новых, более селективных реагентов-собирателей для совершенствования процесса флотации являются одной из первоочередных задач при создании инновационных технологий флотационного разделения веществ и минералов. Гидрофобизация осуществляется за счет вытеснения гидратной пленки. Прилипание пузырьков обусловлено хемосорбцией (образованием химической связи) или физической адсорбцией (ван-дер-ваальсовыми силами). Современная практика применения собирателей при флотации

сульфидных руд в большинстве случаев предусматривает совместное использование ксантогенатов и аэрофлотов. Дополнительное к ксантогенатам использование аэрофлотов дает возможность не только улучшить качество получаемых сульфидных концентратов за счет более селективного действия аэрофлотов, но и повысить извлечение металлов за счет способности аэрофлотов эффективно флотировать тонкие частицы [1-6].

Экспериментальная часть и обсуждение полученных результатов. Изучено поверхностное натяжение (σ) растворов бутилового ксантогената, N-аллил-о-изобутилтионокарбамата и композиционного аэрофлота, а также полифункционального реагента – смеси вышеуказанных реагентов, взятых в соотношении 1:1:2, в зависимости от их концентрации и рН среды.

В данной работе для оценки поверхностной активности базовых синтезированных и ПФ флотореагентов были измерены их поверхностные натяжения на границе вода-воздух. Измерение поверхностного натяжения указанных реагентов

проводилось методом втягивания пластины Вильгельми. Обнаружено, что монотонное уменьшение поверхностного натяжения водных растворов в зависимости от их концентрации указывает на увеличение поверхностной активности. Следует отметить, что наибольшей поверхностной активностью на границе раздела фаз вода–воздух обладает композиционный аэрофлот (рисунок 1).

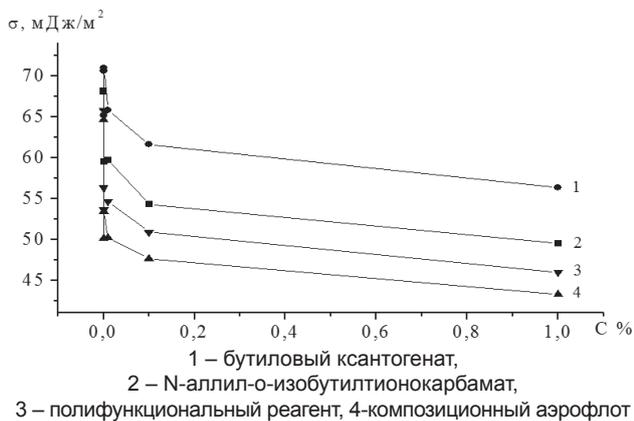


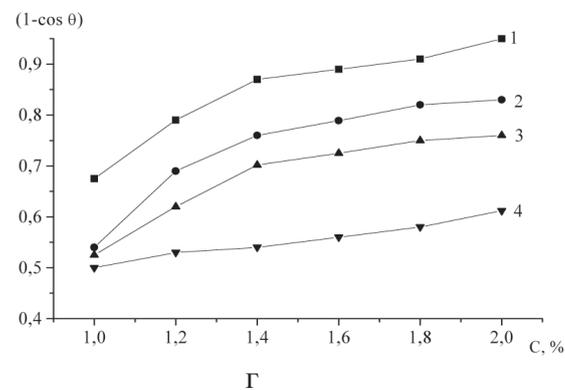
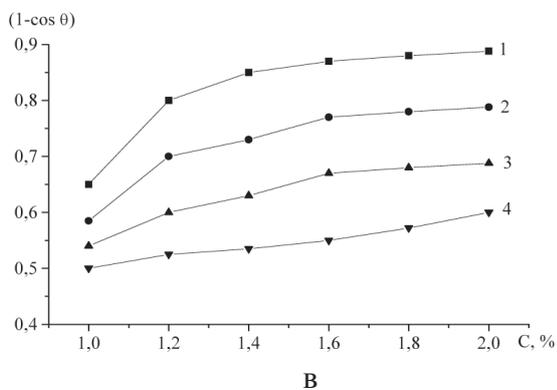
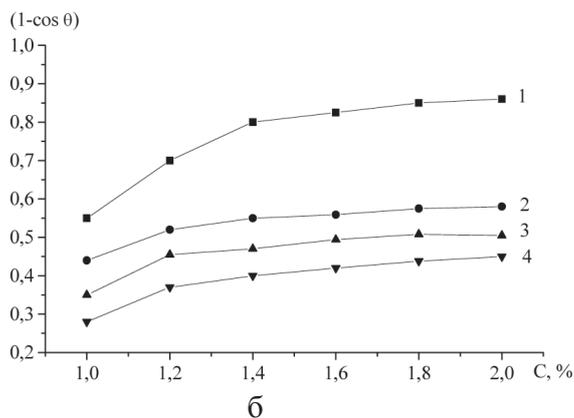
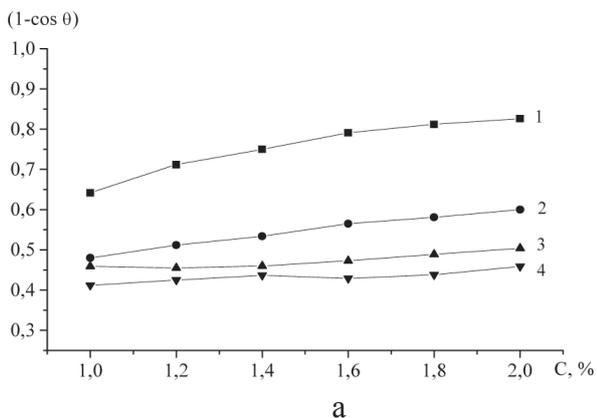
Рисунок 1 – Зависимость поверхностного натяжения эмульсии водных растворов от их концентрации

Это говорит о том, что полученный полифункциональный реагент наряду с собирательной способностью, в отличие от других рассматриваемых, проявляет пенообразующие свойства. Кроме того, как видно из этого рисунка полифункциональный реагент по сравнению с бутиловым ксантогенатом и ТС-1000 сильнее снижает поверхностное натяжение.

Наиболее поверхностно-активным из водных растворов рассматриваемых ПАВ является полифункциональный реагент. Это связано с тем, что совместное присутствие ионогенных и неионогенных собирателей приводит к содержанию большего количества гидрофобных радикалов, чем у отдельных собирателей.

N-аллил-о-изобутилтиокарбамат в отличие от ксантогенатов и аэрофлотов обладает способностью снижать поверхностное натяжение на границе раздела газ–жидкость, это связано с длиной углеводородного радикала и меньшей полярностью молекулы.

Были проведены измерения краевых углов смачивания на приборе Гониометр ЛК-1 и изучено



1 – полифункциональный реагент; 2 – N-аллил-о-изобутилтиокарбамат; 3 – бутиловый ксантогенат; 4 – композиционный аэрофлот

Рисунок 2 – Зависимость флотлируемости галенита (а – при pH =8), пирита (б – при pH =6), активированного сфалерита (в – при pH =10) и халькопирита (г – при pH =10) от концентрации сульфидрильных собирателей

действие различных классов флотационных реагентов на смачиваемость минералов и их флотационное поведение. На рисунке 2 приведены значения меры флотуемости растворов сульфгидрильных реагентов при разных концентрациях и рН среды.

Известно [7-9], что собирательные действия реагентов можно усилить, используя смеси ионогенных и неионогенных флотореагентов. Поэтому как видно из рисунка 2 мера флотуемости полифункционального реагента существенно выше, по сравнению с индивидуальными собирателями. Исходя из полученных экспериментальных данных, наименее флотуемыми по отношению к галениту являются следующие сульфгидрильные собиратели: композиционный аэрофлот и бутиловый ксантогенат. По сравнению с бутиловым ксантогенатом при одинаковом расходе и рН ТС-1000 обладает наибольшей адсорбцией на галените.

Приведены результаты исследований по флотации тонковкрапленной руды тишинского месторождения с применением разработанного полифункционального флотореагента, представляющего собой смесь бутилового ксантогената, ТС-1000 и композиционного аэрофлота. Основными полезными компонентами в руде тишинского месторождения являются медь, свинец и цинк, золото и серебро. Золото преимущественно связано с сульфидами, особенно тесно ассоциировано с пиритом. Руды труднообогатимые, упорные. По

результатам химического анализа в исходной пробе руды тишинского месторождения содержится, %: 0,42 Cu; 0,52 Pb; 3,11 Zn; 6,21 Fe; 54,0 SiO₂; 7,74 Al₂O₃; 2,24 CaO; 8,38 MgO, а также 1,0 г/т Au и 8,8 г/т Ag.

В таблице 1 представлены результаты медно-свинцовой флотации руды тишинского месторождения с применением полифункционального флотореагента в сравнении с базовым режимом.

По базовому режиму с применением в качестве собирателя бутилового ксантогената при расходе его 15 г/т и пенообразователя Т-80 – 20 г/т получен коллективный медно-свинцовый концентрат. Содержание в нем меди 10,1 % при извлечении 76,3 %; свинца – 13,1 % при извлечении 68,2 %, золота – 13,3 г/т при извлечении 41,4 % и серебра – 144,8 г/т при извлечении 45,78 %. Цинк депрессировался в хвосты флотации на 81,5 %. Содержание цинка в коллективном медно-свинцовом концентрате составило 9,2 % (таблица 1). Проведен подбор оптимального расхода разработанного полифункционального реагента в цикле коллективной медно-свинцовой и цинковой флотаций. Преимуществом предлагаемого полифункционального флотореагента по сравнению с другими известными реагентами является то, что в его состав входят два компонента собирателей – ионогенного и неионогенного типов, а третий компонент обладает одновременно собирательными и пенообразующими

Таблица 1 - Результаты медно-свинцовой флотации руды тишинского месторождения с применением полифункционального флотореагента в сравнении с базовым режимом

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %, г/т						Извлечение, %						Режим флотации
		Cu	Pb	Zn	Fe	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Au	Ag	
Сu- Рb к-т	2,8	10,1	13,1	9,2	23,5	13,3	144,8	76,3	68,2	5,3	9,4	41,14	45,78	БКс – 15 г/т Т-80 – 20 г/т
Пром. пр. 3	1,1	1,9	4,1	9,8	25,7	3,1	21,2	5,6	8,4	2,2	4,0	3,77	2,63	
Пром. пр. 2	1,8	1,2	1,5	9,5	17,8	1,8	16,4	5,8	5,0	3,5	4,6	3,58	3,33	
Пром. пр. 1	4,3	0,7	1,1	5,6	10,1	1,4	10,1	8,1	8,8	5,0	6,2	6,65	4,90	
Пен. контр. фл.	2,2	0,3	0,36	5,4	19,1	0,9	6,9	1,8	1,5	2,5	6,0	2,19	1,71	
Камер. пр. Сu-Рb флот.	87,8	0,01	0,05	4,5	5,6	0,44	4,2	2,4	8,2	81,5	69,9	42,68	41,64	
Исх. руда	100	0,37	0,54	4,85	7,03	0,91	8,86	100	100	100	100	100	100	ПФ реагент – 15 г/т Т-80 – 10 г/т
Сu- Рb к-т	2,65	11,3	13,8	8,4	20,2	16,2	165,2	80,4	73,0	4,7	7,5	46,77	49,69	
Пром. пр. 3	0,8	1,4	3,5	8,6	19,6	2,9	22,5	3,0	5,6	1,4	2,2	2,53	2,04	
Пром. пр. 2	1,5	1,0	1,6	7,8	15,3	1,7	16,6	4,0	4,8	2,5	3,2	2,78	2,83	
Пром. пр. 1	3,8	0,8	0,7	6,1	14,8	1,5	10,3	8,2	5,3	4,9	7,9	6,21	4,44	
Пен. контр. фл.	2,0	0,37	0,6	4,7	18,4	0,85	6,6	2,0	2,4	2,0	5,2	1,85	1,50	
Камер. пр. Сu-Рb флот.	89,25	0,01	0,05	4,5	5,9	0,41	3,9	2,4	8,9	84,5	74,0	39,86	39,50	
Исх. руда	100	0,37	0,50	4,75	7,12	0,92	8,81	100	100	100	100	100	100	

свойствами. Такое состояние полифункционального реагента во флотационном процессе обеспечивает несколько функций, ионогенный флотореагент закрепляется на поверхности минералов за счет хемосорбции, неионогенный реагент адсорбируется на поверхности минералов за счет координационной связи, а третий реагент обладает пенообразующими свойствами и частично собирательными свойствами. Кроме того, третий компонент - композиционный аэрофлот за счет двух аполярных радикалов линейного и изостроения флокулирует ошламованные полезные компоненты цветных и благородных металлов в тонковкрапленных рудах, тем самым интенсифицирует процесс флотации.

Проведенные исследования показали, что в коллективной медно-свинцовой флотации при применении оптимального соотношения полифункционального реагента – 15 г/т и Т-80 – 10 г/т получен коллективный медно-свинцовый концентрат с содержанием меди 11,3 % при извлечении 80,4 %, свинца – 13,8 % при извлечении 73,0 %. По сравнению с базовым режимом, при снижении расхода пенообразователя в 2 раза, извлечение меди в коллективный медно-свинцовый концентрат при применении полифункционального реагента увеличивается на 4,1 %, свинца - на 4,8 %, содержание Au и Ag увеличилось на 2,9 и 20,4 г/т соответственно (таблица 1).

Как видно из таблицы 2, по базовому режиму с применением оптимального расхода бутилового ксантогената 65 г/т и Т-80 20 г/т получен цинковый концентрат с содержанием цинка 54,6 % при извлечении 91,1 %. При применении в цинковой флотации оптимальных расходов полифункционального реагента 55 г/т и Т-80 - 20 г/т, полу-

чен цинковый концентрат с содержанием цинка 56,3 % при извлечении 93,6 %.

По сравнению с базовым режимом флотации содержание цинка в цинковом концентрате с применением полифункционального реагента увеличивается на 1,7 %, с 54,6 до 56,3 %; извлечение цинка в цинковый концентрат возрастает на 2,5 %, с 91,1 до 93,6 %.

Выводы. Разработан и исследован селективный собиратель – полифункциональный реагент, состоящий из смеси бутилового ксантогената, N-аллил-о-изобутилтионокарбамата и композиционного аэрофлота, взятых в мольном соотношении 1:1:2. Для оценки изменения степени гидрофобности минералов при применении эмульсии растворов БКс, ТС-1000, КА и полифункционального реагента при pH 6, 8, 10 были проведены измерения краевых углов смачивания на шлифах мономинералов. На основе этих измерений были рассчитаны мера флотиремости мономинералов от концентрации базовых и предлагаемого ПФ реагентов. Показано, что поверхностное натяжение реагентов с увеличением pH среды несколько снижается из-за повышения гидрофобности молекул реагентов.

Проведено изучение вещественного состава сульфидной полиметаллической руды тишинского месторождения. Основными полезными компонентами в руде являются медь, свинец, цинк, золото и серебро. Золото преимущественно связано с сульфидами, особенно тесно ассоциировано с пиритом. Руды труднообогатимые, упорные. По результатам минералогического анализа в пробе руды тишинского месторождения присутствуют: халькопирит $CuFeS_2$, пирит FeS_2 , галенит PbS , сфалерит ZnS , кварц $\alpha-SiO_2$, кальцит $CaCO_3$, тальк $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_4$, хризотил $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$, альбит $NaAlSi_3O_8$.

Таблица 2 - Результаты цинковой флотации руды тишинского месторождения с применением полифункционального флотореагента в сравнении с базовым режимом

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %, г/т				Извлечение, %				Режим флотации
		Zn	Fe	Au	Ag	Zn	Fe	Au	Ag	
Zn концентрат	7,2	54,6	2,5	2,0	20,7	91,1	3,8	31,30	36,06	БКс – 65 г/т; Т-80 – 20 г/т
Пром. пр. Zn 2	1,4	6,1	4,3	0,36	5,2	2,0	1,2	1,10	1,76	
Пром. пр. Zn 1	2,3	4,1	6,5	0,35	3,2	2,2	2,6	1,75	1,78	
Пен. пр. Zn	1,6	1,8	7,1	0,34	2,9	0,7	2,2	1,18	1,12	
Отв. хвосты	87,5	0,2	5,3	0,34	2,8	4,1	90,2	64,67	59,28	
Камер. пр. Cu-Pb флот.	100	4,31	5,14	0,46	4,2	100	100	100	100	ПФ. реагент – 55 г/т Т-80 – 20 г/т
Zn концентрат	7,5	56,3	2,0	2,20	22,1	93,6	3,4	37,25	38,67	
Пром. пр. Zn 2	1,2	5,8	3,7	0,32	5,2	1,5	1,2	0,87	1,46	
Пром. пр. Zn 1	2,1	3,9	5,3	0,31	3,2	1,8	2,7	1,47	1,57	
Пен. пр. Zn	2,1	2,3	6,4	0,30	2,9	1,1	3,2	1,42	1,42	
Отв. хвосты	87,1	0,1	4,3	0,30	2,8	1,9	89,5	58,99	56,89	
Камер. пр. Cu-Pb флот.	100	4,51	4,19	0,44	4,3	100	100	100	100	

мушкетит $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$. По результатам химического анализа исходной пробы руды тишинского месторождения содержание меди в руде составляет 0,42 %, свинца – 0,52 %, цинка – 3,11 %, золота – 1,0 г/т, серебра – 8,8 г/т.

Оценена флотуемость сульфидных мономинералов и полиметаллической руды тишинского месторождения с использованием базовых флотореагентов и нового полифункционального. Показано, что по сравнению с базовым режимом, при использовании полифункционального реагента извлечение меди в коллективный медно-свинцовый концентрат увеличивается на 4,1 %, свинца – на 4,8 %. Содержание Au и Ag увеличивается на 2,9 и 20,4 г/т соответственно. В случае цинковой флотации в присутствии ПФ реагента извлечение цинка в концентрат возрастает на 2,5 %, а его содержание на 1,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: Горная книга, 2008. – 710 с.
- 2 Abramov A.A., Onal G. Requirements of theory and technology to the surface state of minerals to be floated // X International Mineral Processing Congress: Proceedings of IMPC – Izmir, Turkey, September, 2004.
- 3 Пат. 2215588 РФ. Флотореагент для пенной флотации сульфидных руд цветных металлов / Херсонский М.И.; опубл. 10.11.2003.
- 4 Игнаткина В.А. Выбор селективных собирателей при флотации минералов, обладающих близкими флотационными свойствами // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2011. – № 1. – С. 3-9.
- 5 Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Т. 1. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 372 с.
- 6 Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии – М.: Химия, 1991. – 281 с.
- 7 Энергия разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и сродство к электрону: Справочник. Под ред. Кондратьева В.Н. – М.: Наука, 1974. – 226 с.
- 8 Танабе К. Твердые кислоты и основания – М.: Мир, 1973 – 184 с.
- 9 Луй Г., Зонг Х., Дай Т. Современное состояние и основные направления развития технологии комплексной переработки минерального сырья цветных металлов // Минералы и металлургические процессы. – 2008. – Т. 25, № 1 – С. 19-24.

REFERENCES

- 1 Abramov A.A. *Flotatsionnye metody obogashcheniya* (Flotation methods of beneficiation. third issue). Moscow: Mining book. 2008. 710 (in Russ.).
- 2 Abramov A.A., Onal G. Requirements of theory and technology to the surface state of minerals to be floated. X International Mineral Processing Congress: Proceedings of IMPC, Izmir, Turkey, September 2004. (in Eng.).
- 3 Pat. 2215588 RU. *Flotoreagent dlya pennoj flotatsii sulfidnykh rud tsvetnykh metallov* (Flotation reagent for froth flotation of sulphide ores of non-ferrous metals) Khersonskij M.I. Opubl. 10.11.2003, (in Russ.).
- 4 Ignatkina V.A. *Vybor selektivnykh sobirateley pri flotatsii mineralov s blizkimi flotatsionnymi svoystvami* (The choice of selective collectors during the flotation of minerals with closed flotation properties). *Izvestiya vuzov. Tsvetnaya metallurgiya = Universities' Proceedings. Nonferrous Metallurgy*. 2011. 1. 3-9 (in Russ.).
- 5 Reutov O.A., Kurtz A.L., Butin K.P. *Organicheskaya khimiya* (Organic chemistry). V. 1. Moscow: Binomial Knowledge Laboratory 2009. 372. (in Russ.).
- 6 Dnipro A.S., Temnikova T.I. *Teoreticheskie osnovy organicheskoy khimii* (Theoretical Organic Chemistry). Moscow: Chemistry, 1991. 281. (in Russ.).
- 7 *Ehnergiya razryva khimicheskikh svyazey. Potentsialy ionizatsii i srodstvo k ehlektronu*. (Energy of chemical bonds break. The ionization potentials and electron affinity. Hand book). Edited by V.N. Kondratiev. Moscow: Science, 1974. 226 (in Russ.).
- 8 Tanabe K. *Tverdye kisloty i osnovaniya* (Solid acids and bases). Moscow: Mir, 1973. 184. (in Russ.).
- 9 Lui G., Zhong H., Dai T. *Sovremennoe sostojanie i osnovnye napravleniya razvitiya tekhnologii kompleksnoj pererabotki mineral'nogo syrja tsvetnykh metallov* (Current state and main trends of development of technology for non-ferrous metals minerals complex processing). *Mineraly i Metallurgicheskie Protssesy = Minerals and Metallurgical Processes*. 2008. 25, 1. 19–24 (in Russ.).

ТҮЙІНДЕМЕ

Кешенді зерттеулер негізінде бутилді ксантогенат, N–аллил-о-изобутилтионокрбамат (ТС-1000) және композициялық аэрофлоттың қоспасынан тұратын 1:1:2 мольдік қатынасты таңдамалы жинағыш “көпфункционалды реагент” алынған. Коллоидтық-химиялық сипаттамалары (беттік керілу, су-ауа шекарасындағы адсорбция, жұғу үрдісі) зерттеу нәтижесінде көпфункционалды реагенттің мономинералдарды (галенит, сфалерит, пирит және халькопирит) флотациялау қабілеттілігі жеке алынған жинағыштармен салыстырғанда едәуір жоғары екені байқалды. Бұл бір қоспаның ішінде ионогенді, ионогенсіз және әрі көбіктүзгіштік және жинағыштық қабілеті бар реагенттердің болуымен түсіндірілетіні көрсетілген.

Сонымен қатар базалық режимде қолданылатын дәстүрлі реагенттермен салыстыру үшін Тишин кенорнындағы полиметалды кенде ұсынылып отырған көпфункционалды реагентпен бірнеше н тәжірибелер жүргізілді. Осыған орай нәтижесінде бірікті мыс-қорғасын флотациясындағы көпфункционалды реагенттің оңтайлы шығыны 15 г/т және Т-80-10 г/т құрайтын бірікті мыс-қорғасын концентраты алынды, ондағы мыстың үлесі 11,3 % болғанда оның бөліп алынуы 80,4 %, ал қорғасынның үлесі 13,8 %, бөліп алынуы 73,0 % болатындығы көрсетілді. Сонымен базалық режиммен салыстырғанда, бірікті мыс-қорғасын концентратындағы мыстың бөліп алу дәрежесі 4,1 %-ға, қорғасындікі - 4,8 %-ға жоғарылады, ал Au мен Ag мөлшері сәйкесінше 2,9 және 20,4 г/т артатыны байқалды. Мырыш флотациясында көпфункционалды реагентті қолданғанда мырыштың үлесі 56,3 % болғанда бөліп алынуы 93,6 % болды. Базалық режиммен салыстырғанда, мырыш концентратындағы мырыштың үлесі 1,7 % жоғарылады, мырыш концентратындағы мырыштың бөліп алынуы 2,5 % өсетіні көрсетілді.

Түйінді сөздер: көпфункционалды реагент, композициялық аэрофлот, сульфидті минерал, адсорбция, беттік керілу, флотация, Тишин кенорны.

ABSTRACT

Selective collector – polyfunctional (PF) reagent consisting of a mixture of butyl xanthate (BX), N-allyl-o-iso-butyl-thiono-carbamate (TC-1000) and composite aerofloat (CA) taken in a ratio of 1: 1: 2 was selected on the basis of comprehensive research. The colloid-chemical properties: surface tension, adsorption at the water-air line, wetting were studied for basic and polyfunctional reagents. Also the colloid-chemical properties and flotation ability of sulfide mono-minerals: galena, pyrite, sphalerite, and chalcopyrite, with using of basic and multifunctional flotation reagents were evaluated. Furthermore flotation of sulfide polymetallic ore of Tishinsk deposit by using the basic and PF floreatents was studied. It is shown that at collective lead-copper flotation by use of the mixture with optimum composition: PF reagent – 15 g/t; foamer T-80 – 10 g/t, was obtained copper-lead collective concentrate with content of a copper of 11.3 % at recovery of 80.4 %, with content of lead of 13.8 % at recovery of 73.0 %, with content of gold 13.3 g/t at recovery 41.4 %, with content of silver 144.8 g/t at recovery 45.78 %. In comparison with basic mode extraction of copper into the shared copper-lead concentrate increases by 4.1% and of lead – by 4.8%, content of Au and Ag increases by 2.9 и 20.4 g/t respectively. In case of zinc flotation with PF reagent concentration 55 g/t and foamer T-80 – 20 g/t zinc concentrate with zinc content of 56.3 % at recovery of 93.6 % was obtained. In comparison with the basic mode of zinc flotation (BX – 65 g/t, T-80 – 20 g/t) at PF reagent use the content of zinc in concentrate increases by 1.7 %; zinc extraction into zinc concentrate increases by 2.5%.

Keywords: multifunctional reagent composition aeroflot, sulphide minerals, adsorption, surface tension, wetting, flotation, Tishinsk deposit ore

Поступила 26.01.2017.

УДК 622.7

**Комплексное использование
минерального сырья. № 1. 2017.**

И. А. ГРИШИН¹, Ж. А. КНЯЗБАЕВ^{2}*

*¹Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия*

*²Донской горно-обогатительный комбинат, филиал АО «ТНК «Казхром», Хромтау,
Казахстан, *victory_knyaz@mail.ru*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОБОГАЩЕНИЯ ХРОМОВЫХ РУД. ОБЗОР

Резюме. В статье рассмотрено текущее состояние практики обогащения хромовых руд и отходов их обогащения. Также представлены перспективы развития отрасли с учетом современных тенденций. Целью данного исследования являлся анализ применяемых методов, режимы технологий для обогащения хромовых руд, их недостатки и перспективы развития. Помимо применяемых на практике методов обогащения, приведен анализ исследовательских работ по различным способам обогащения хромитовых руд: с применением гидрометаллургических процессов, по комбинированной схеме с использованием гравитационного метода. В статье приведена характеристика основных типов руд, свойства и требования к получаемым продуктам. Отмечено, что для крупных классов эффективным является гравитационный метод - обогащение в тяжелых средах, для мелких классов - отсадка, винтовая сепарация и обогащение на концентрационных столах. В тоже время, актуальной остается задача по обогащению мелких, тонких и ультратонких классов, где эффективность гравитационных методов невысока, из-за чего происходят основные потери ценного компонента с отходами обогащения. В статье затронуты проблемы технологии обогащения бедных хромовых руд, где перспективным представляется применение сочетания различных методов: гравитационных, флотационных, магнитной сепарации. В большинстве работ в качестве основного метода рассматривают применение гравитационного, а для доводки полученного черного концентрата – процессы магнитной сепарации или флотации. Проведен обзор основных применяемых технологий для переработки хромовых руд на отечественных (Казахстан, Россия) и зарубежных фабриках (Югославия, Финляндия). В результате обзора сделан вывод о том, что задача переработки тонких классов хромовых руд окончательно не решена, остается актуальной и требует дополнительного изучения.

Ключевые слова: хромшпинелиды, суспензионное обогащение, отсадка, классификация

Введение. Главной промышленной ценностью в пригодных к переработке хромовых рудах являются хромшпинелиды [1], из минералов вмещающих пород наиболее часто встречаются серпентин, хлорит, иногда оливин, пи-

роксен, плагиоклаз, уваровит, хромактинолит, тальк, брусит, карбонаты, сульфиды и др. [2]. По содержанию хромшпинелидов вкрапленные хромовые руды делятся на густовкрапленные, средневкрапленные, редковкрапленные и убо-