

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ФЛОТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РУДЫ САНЖЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Зашихин А. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия (660036, Красноярск, ул. Академгородок, 50, строение 24), email: avz@icct.ru

Приведены данные изучения вещественного состава, а также результаты исследования флотационных свойств малосульфидной и свинцово-серебряной проб руды Санжеевского месторождения. В малосульфидной руде методом электронной микроскопии обнаружены серебросодержащие частицы размером 10–15 мкм. В образцах свинцово-серебряной руды видимых частиц серебра не обнаружено, что, вероятно, связано с субмикронным их нахождением в минералах свинца. В лабораторных условиях показано влияние добавок неионогенного собирателя – сернистого ароматического концентрата (САК) к традиционному сульфгидрильному собирателю – бутиловому ксантогенату калия (БКК) на эффективность извлечения серебра. Установлено влияние добавок САК на эффективность пенообразования и отражены некоторые технологические характеристики руды. При оптимальном соотношении расходов реагентов 1:1 извлечение серебра в концентрат повышается на 6 %.

Ключевые слова: флотационное обогащение, серебро, галенит, неионогенная добавка.

MATERIAL COMPOSITION AND FLOTATION PROPERTIES OF SANGEEVSKOE ORE DEPOSIT

Zashikhin A. V.

Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, Krasnoyarsk, Russia (660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok 50/24), email: avz@icct.ru

The data of the chemical composition and the results of flotation of low-sulfide and lead-silver ore samples of Sanzheevskoe ore deposit are presented. In low-sulfide ore by electron microscopy method the silver particles of size 10-15 microns are identified. In the lead-silver ore samples with the electronic microscopy method visible particles of silver are not found, which is probably mean submicron their presence in lead mineral particles. The influence of additives non ionic collector – sulfur aromatic concentrate (SAC) to the traditional sulphydric collector- butyl xanthate (BX) on extraction efficiency of silver in lead concentrate by laboratory tests are shown. The influence of the SAC additives on foaming and some technological characteristics of ore are shown. At the optimum ratio of 1:1 reagent consumption the extraction of silver in concentrate increased by 6 %.

Key words: flotation, silver, galena, nonionic additive.

Введение

Рудные скопления участка Санжеевка Иволгинского района глубинных разломов Забайкалья, по данным Геологического института СО РАН, представлены серебряными малосульфидными и свинцово-серебряными рудами [7, 4]. По предварительным данным института, малосульфидная руда отнесена к богатым «чисто серебряным» рудам и является центральными частями более широких сереброносных зон. Прогнозные запасы серебра в этих рудах при среднем содержании 100 г/т оцениваются в 50 тонн. Свинцово-серебряные руды образуют маломощные жильные рудные тела и так же являются центральными частями сереброносных зон. Прогнозные ресурсы серебра составляют 30 тонн, при среднем его содержании – 100 г/т. Поскольку данное месторождение представляет интерес как объект эксплуатации на серебро, то целью данной работы является изучение вещественного состава проб руды и возможности извлечения серебра.

Материал и методы исследования

Объектом исследования послужили две минералогические пробы, представленные штуфным образцом свинцово-серебряной жилы и образцом малосульфидной руды с отсутствием визуальных признаков рудоносности. Содержание серебра в свинцово-серебряной пробе руды и малосульфидной пробе руды составило 116 г/т и 68 г/т, соответственно. При исследовании вещественного состава использовались: ситовой, рентгенографический, рентгенофлуоресцентный, атомно-эмиссионный, с индуктивно связанной плазмой, и электронный микроскопический методы анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты гранулометрического анализа проб руды дробленой до – 2 мм приведены в таблице 1.

Таблица 1. Гранулометрический состав проб руды Санжеевского месторождения с распределением серебра по классам крупности

Наименование пробы	Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание Ag* , г/т	Извлечение (распределение) Ag, %
1	2	3	4	5
Малосульфидная	-2+1	39	58	33
	-1+0,5	21	67	21
	-0,5+0,25	14	63	13
	-0,25+0,125	9	72	10
	-0,125+0,074	8	77	9
	-0,074+0,044	1	150	2
	-0,044	8	100	12
	Итого	100	68	100

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5
Свинцово-серебряная	-2+1	25	38	8
	-1+0,5	19	40	7
	-0,5+0,25	17	50	7
	-0,25+0,125	13	38	4
	-0,125+0,074	8	38	3
	-0,074+0,044	5	420	18
	-0,044	13	470	53
	Итого	100	116	100

*по данным атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой лаборатории ЦЗЛ ООО «Красцветмет».

Из данных ситового анализа следует, что значительная часть ценного компонента в малосульфидной руде распределена в классе +0,125 мм (77 % серебра), а в свинцово-серебряной руде в классе -0,125 мм (75 % серебра). Подобное распределение ценного компонента может свидетельствовать в первом случае о высокой твердости, во втором – о хрупкости (шламуемости) минералов-носителей серебра, что имеет особое значение при разработке технологии рудоподготовки и усреднении руды.

Анализ данных фазового и химического состава исследуемых проб (таблица 2) показал, что в малосульфидная руда представлена кварцем, иллитом и ортоклазом с содержанием общей серы менее 0,1 %, что позволяет классифицировать данную руду как убогосульфидную. Свинцово-серебряная руда представлена галенитом, церусситом и англезитом.

Таблица 2. Фазовый и элементный состав проб руды «Санжеевского месторождения»

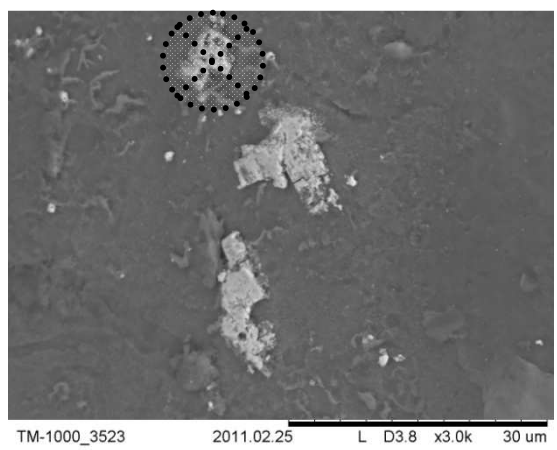
Наименование пробы	Минеральные фазы	Элемент	Массовая доля, %
1	2	3	4
Малосульфидная	SiO_2 – кварц $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ – иллит KAlSi_3O_8 – ортоклаз	O	44,831
		Al	11,435
		Si	29,333
		S	0,055
		Cl	0,015
		K	8,07
		Fe	3,267
		Ni	-
		Cu	0,007
		Rb	0,028
		Zr	0,043
		Ag	-
		Sn	-
Pb	0,469		

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
Свинцово-серебряная	PbS – галенит PbCO_3 – церуссит PbSO_4 – англезит	O	12,504
		Al	0,275
		Si	1,473
		S	11,313
		Cl	0,079
		K	0,094
		Fe	0,763
		Ni	0,034
		Cu	0,098
		Rb	0,175
		Zr	0,247
		Ag	0,044
		Sn	0,028
Pb	72,873		

С целью обнаружения и определения крупности частиц серебра в малосульфидной руде был использован метод электронной микроскопии. С помощью сканирующего электронного микроскопа ТМ-1000, оснащенного рентгеноспектральным анализатором, были получены снимки поверхности образцов исходной малосульфидной руды и обнаружена фаза, содержащая серебро. Снимок с выделенной областью определения и ее элементный состав представлены на рисунке 1.

а)



б)

Элемент	Содержание, %
Магний	0.8
Алюминий	7.2
Кремний	2.1
Хлор	11.3
Железо	6.3
Медь	0.1
Серебро	72.1

Рисунок 1. а) изображение поверхности частиц малосульфидной руды и область анализа, б) определенные элементы

По данным элементного состава, фазового анализа малосульфидной пробы и описания минералов серебра [6], фазу в выделенной области, возможно, идентифицировать как минерал хлораргирит $AgCl$ ($Ag-75,3\%$, $Cl - 24,7 \%$). На поверхности частиц свинцово-серебряной руды методом электронной микроскопии минералы серебра не обнаружены.

Согласно особенностям вещественного состава образцов руды для извлечения ценного компонента использовался флотационный метод обогащения. Флотации подвергнута смесь дробленной малосульфидной и свинцово-серебряной руды в соотношении 9:1. Схема флотации и кинетика измельчения приведены на рисунке 2.

а)

б)

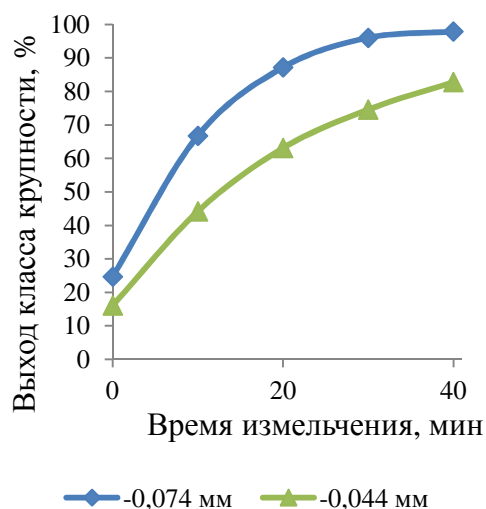


Рисунок 2. а) Схема флотационного обогащения, б) кинетика измельчения смеси

Проведена серия флотационных опытов по традиционной схеме с использованием в качестве собирателя бутилового ксантогената калия (БКК). Флотацию проводили на флотационной машине ФЛ 189 в камере объемом 0,25 л. Содержание твердого в пульпе составляло 40 %, pH среды – 7,5(±0,5), скорость вращения импеллера машины 50 об/с, расход воздуха – 0,02 л/с. Время агитации пульпы с собирателями – 30 с, со вспенивателем Т-80 – 30 с, время флотации – 4 мин. Показано, что серебро извлекается в концентрат на 52 – 67 % с эффективностью обогащения (критерий Хенкока) 36–39 % в зависимости от расхода собирателя.

Кроме того, флотационные свойства руды исследованы с использованием добавки к основному собирателю (БКК) сернистого ароматического концентрата (САК с общей формулой $C_{18,2-21,2}H_{27,3-33}N_{0,04-0,06}S_{0,27-0,5}$ и молекулярной массой 260-305). Реагент продемонстрировал хорошие собирательные свойства к сульфидным минералам других месторождений [8, 5, 2]. В результате исследований показано, что 50-я % доля САК в объеме композиции (БКК/САК) позволяет повысить эффективность обогащения (критерий Хенкока) руды Санжеевского месторождения при общих расходах реагентов собирателей 12,5г/т, 50г/т и 200г/т на 2 %, 7 % и 4 %, соответственно. При общем расходе собирателей 50г/т (соотношение САК:БКК=1:1) удается повысить извлечение серебра на 6 %.

При флотации руды отмечено, что эффективность пенообразования при совместной подаче реагентов САК и БКК снижается, что, вероятно, связано со снижением поверхностного натяжения за счет сорбции реагента на поверхности жидкость-газ и / или изменением ионного состава жидкой фазы [1, 3]. В этой связи выполнены исследования влияния добавки САК на процесс пенообразования в дистиллированной воде. На рисунке 3 показана зависимость высоты пенного слоя от времени пенообразования при непрерывной

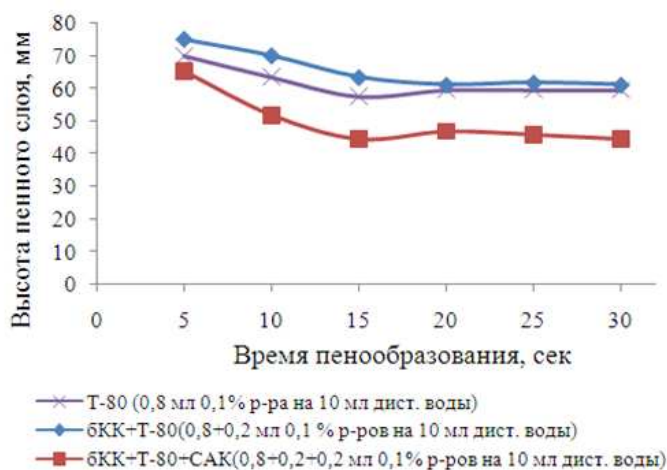


Рисунок 3 - Кинетика пенообразования при различных сочетаниях реагентов.

подаче воздуха. В результате экспериментов показано что, интенсивность пенообразования при добавке САК снижается на 30–35 %.

С целью выявления причин невысокой эффективности извлечения серебра, в сульфидный концентрат были проведены опыты по микрофлотации проб свинцово-серебряной руды в трубке Халлимонта. Для этого был определен оптимальный

режим микрофлотации, при котором в пену извлекаются наиболее полно частицы галенита. Установлено, что в сульфидный концентрат извлечение серебра составляет не более 40 %, в свою очередь потери серебра с хвостами сульфидной микрофлотации достигают 60 %. Таким образом, одной из причин низкого извлечения серебра в сульфидный концентрат, очевидно, является значительное распределение серебра в карбонате и сульфате свинца (церуссите и англезите).

Автор благодарит Кирика С. Д., Жижаева А. М., Козлову С. А. и Анциферову С. А. за аналитическое сопровождение полученных результатов исследования и консультирование.

Выводы

1. Установлено, что серебро в руде представлено тонкими классами крупности. В малосульфидной пробе руды серебро находится, предположительно, в виде хлораргирита крупностью 10–15 мкм. В свинцово-серебряной пробе руды минеральных фаз серебра не обнаружено, что, вероятно, связано с субмикронным их нахождением в галените, церуссите и англезите.

2. Использование сочетания сернисто-ароматического концентрата с бутиловым ксантогенатом калия при соотношении 1:1 позволяет повысить эффективность обогащения (критерий Хенкока) серебра до 7 % из руды Санжеевского месторождения.

3. При оптимальном общем расходе собирателей 50 г/т удается повысить извлечение серебра в свинцовый концентрат до 6 %.

Представленные результаты исследования вещественного состава и флотационных свойств проб руды Санжеевского месторождения свидетельствуют о необходимости комплексного подхода при его освоении.

Список литературы

1. Абрамов А. А. Собр. соч.: В 7 т. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – Т. 7: Флотация. Реагенты-собиратели. – 656 с.
2. Анциферова С. А., Самойлов В. Г., Мин Р. С., Суворова О. Н. Влияние сернисто-ароматического концентрата нефти на технологические показатели флотации при обогащении золотосодержащей руды // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 4. – С. 181–188.
3. Богданов О. С., Гольман А. А., Каковский И. А., Классен В. И. Физико-химические основы теории флотации. – М.: Наука, 1983. – 264 с.
4. Ковалевский А. Л. Закономерности распределения серебра в зоне глубинного разлома по литобиогеохимическим данным // Отечественная геология. – 1999. – № 1. – С. 38–46.
5. Кузина З. П., Мин Р. С., Самойлов В. Г. Промышленные испытания нового реагента для флотационного обогащения свинцово-цинковых руд // Цветные металлы. – 1999. – № 3. – С. 7–9.
6. Куликов Б. Ф., Зуев В. В., Вайншенкер И. А., Митенков Г. А. Минералогический справочник технолога-обогапителя. – Л.: Недра, 1985. – 2-е изд., перераб. и доп. – 264 с.
7. Миронов А. Г., Татаринцев А. В., Дамдинов Б. Б. и др. Новый тип платино-рутениевой минерализации в серебро-полиметаллических рудах // Доклады Академии наук. – 2004. – Т. 395. – № 2. – С. 231–235.
8. Патент РФ № 1610647. Способ флотации сульфидных цинксодержащих руд / Кузина З. П., Мин Р. С., Плюснин А. Н., Пашков Г. Л., Поройкова Г. П., Анциферова С. А. и др. // БИ. – 1993. – № 20.

Рецензенты:

Брагин Виктор Игоревич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.

Жереб Владимир Павлович, д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.