

УДК 622.7

Исследование флотации медной руды Саякского месторождения с применением нового реагента НРБ

*Н.К. ОМАРОВА, к.т.н., доцент кафедры ПЭиХ,
Б.Б. АКИМБЕКОВА, к.т.н., доцент кафедры ПЭиХ,
Р.Т. ШЕРЕМБАЕВА, к.т.н., доцент кафедры ПЭиХ,
Карагандинский государственный технический университет*

Ключевые слова: руда, флотация, флотореагенты, пульпа, медный концентрат, собиратель, извлечение, качество, выход, открытый цикл флотации.

Сульфидные руды являются основным источником получения цветных металлов. Медь в саякских рудах в основном представлена халькопиритом $CuFeS_2$, борнитом Cu_3FeS_4 , халькозином Cu_2S и небольшим количеством (5-15 %) окисленных медных минералов. В руде присутствуют в промышленных количествах молибденит и магнетит (3-4 %), имеется пирит (2 %). Минералы пустой породы представлены гранатами, мраморами, кварцем, пироксеном, амфиболами, плагиоклазом, полевыми шпатами и кальцитом.

Прогресс в области обогащения руд связан с совершенствованием флотационного метода. Эффективность флотации зависит в значительной степени от ассортимента селективных реагентов-собирателей.

Оценка собирательной способности флотореагентов производится путем непосредственных опытов по флотации с данной рудой; определения собирательной способности по изотермам смачивания; «нулевым» методом и другими способами [1].

В качестве собирателей сульфидных медных ми-

нералов применяются ксантогенаты (средний расход обычно 10-30 г/т) и дитиофосфаты (10 г/т). Широко применяется и сочетание реагентов-собирателей. Например, при флотации медных руд за рубежом применяется реагент Z-200 (изопропилэтилтионокарбамат), который является наиболее селективным по отношению к пириту, в сочетании с изопропиловым или амилловым ксантогенатом. Часто применяется сочетание сульфидрильных собирателей с аполярными реагентами [2].

Непосредственные опыты по флотации наиболее надежны и просты. Выполнение производится следующими способами: в оптимальных для флотации данного минерала условиях ставят ряд опытов с различным расходом данного собирателя; с каждым собирателем в оптимальных условиях флотации ставят два-три опыта с порционной подачей собирателя.

Два реагента могут дать близкие результаты в основной флотации по качеству концентратов и по извлечению металла, но различно влиять на результаты

очистной флотации, в которой получают конечные концентраты.

В качестве объекта исследований использована руда Саяжского месторождения, представленная на 95 % первичными сульфидными рудами, окисленными рудами – 3 %, смешанными рудами – 2 %. Преобладают медно-скарновые и магнетитсодержащие медно-скарновые руды, составляющие 70 % запасов месторождения.

Основными медными минералами являются: халькопирит и борнит (ковеллина и халькозина содержится очень мало). В зоне окисления присутствуют – малахит, азурит, хризоколла.

В руде присутствуют в промышленных количествах молибденит и магнетит (3-4 %), имеется пирит (2 %). Минералы пустой породы представлены гранатами, мраморами, кварцем, пироксеном, амфиболами, плагиоклазом, полевыми шпатами и кальцитом.

Результаты анализа химического состава саяжской руды представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав саяжской руды

Содержание ценных компонентов, %				
Cu	Fe	Zn	As	CaO
0,76	15,01	0,015	0,5	17,68

В лабораторных условиях проведены исследования по влиянию расхода нового флотационного реагента на показатели флотации саяжской медной руды. Для опытов по флотации использовали исходную навеску руды, предварительно измельченную до класса (-0,074 мм) с выходом 58 %. Процесс флотации проводили на лабораторной флотационной машине с объемом камеры 0,5 л, при Т:Ж=1:4.

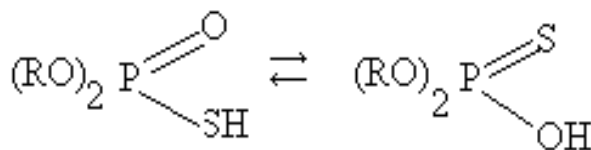
Опыты № 1, 2 по флотации были проведены в реагентном режиме, принятом на обогатительной фабрике, с применением следующих реагентов: сернистый натрий – 18 кг/т, ксантогенат бутиловый – 40 г/т, ВК-201 – 35 г/т. Продолжительность основной флотации – 5 мин, контрольной флотации – 10 мин.

Таблица 2 – Результаты опытов по флотации саяжской медной сульфидной руды

№ опыта	Наименование продукта	Выход продукта		Медь	
		γ, %	β, %	ε, %	ε, %
1	Концентрат основной флотации	8,20	7,70	85,40	
	Концентрат контрольной флотации	2,88	0,57	1,43	
	Хвосты	88,92	0,11	3,17	
	Итого:	100,00	0,74	100,00	
2	Концентрат основной флотации	8,10	7,60	83,19	
	Концентрат контрольной флотации	2,89	0,61	2,38	
	Хвосты	89,01	0,12	14,43	
	Итого:	100,00	0,74	100,00	
3	Концентрат основной флотации	5,79	8,60	69,56	
	Концентрат контрольной флотации	2,50	6,15	21,47	
	Хвосты	91,71	0,07	8,97	
	Итого:	100,00	0,71	100,00	
4	Концентрат основной флотации	5,65	8,70	69,21	
	Концентрат контрольной флотации	2,60	6,28	23,00	
	Хвосты	91,75	0,06	7,76	
	Итого:	100,00	0,71	100,00	

Исследования по флотации медной руды с применением нового реагента обусловлено следующими обстоятельствами: ксантогенаты легко окисляются кислородом воздуха, особенно легко проходит окисление в присутствии влаги и водных растворов. Окисление ксантогената существенно ускоряется в присутствии сульфидных минералов, которые по окислительной способности можно расположить в следующий ряд: сфалерит < галенит < халькопирит < пирротин < пирит.

Реакция окисления нового реагента – диалкилдитиофосфата – в мягких условиях проходит сложно. Диалкилдитиофосфаты в водных растворах присутствуют в двух таутомерных формах (рисунок 1).



Тиольная форма

Тионная форма

Рисунок 1 – Таутомерные формы диалкилдитиофосфата

В щелочной среде преобладают диалкилдитиофосфаты в тионной форме, являющейся более флотоактивной. В реакциях окисления участвует тиольная форма.

Флотация медных руд с применением нового флотореагента проведена при тех же условиях, только вместо бутилового ксантогената использован новый флотационный реагент (опыты № 3, 4). Результаты проведенных опытов приведены в таблице 2.

Из результатов исследований следует, что применение нового флотационного реагента обеспечивает увеличение качества концентрата и соответственно извлечение меди в концентрат, что связано с наличием в пульпе флотоактивной, менее окисляемой формы (тионная) по сравнению с ксантогенатом, который легко окисляется в водной среде и в присутствии в пульпе сульфидов, входящих в состав исходной руды.

Таким образом, применение нового флотационного реагента в качестве собирателя эффективно и обеспечивает прирост извлечения меди.

В лабораторных условиях также проведены исследования влияния режима флотации с применением нового реагента на технологические показатели флотации саякской медной руды в открытом (рисунок 2) и замкнутом (рисунок 3) циклах. Измельчение руды до класса -0,074 мм с выходом 58 % – 28 минут. Флотация проводилась на лабораторной флотационной машине с объемом камеры 3 л при Т:Ж=1:4.

Содержание ценных компонентов в исходной руде составили, в %: меди 0,9-0,97; железа 13,07; молибдена 0,015; мышьяка 0,027.

Исследование процессов флотации медных руд Саякского месторождения с применением нового реагента проведены с использованием вероятностно-детерминированного метода планирования (ВДМП) экспериментов.



Рисунок 2 – Схема флотации медной руды в открытом цикле

Все обогатительные фабрики, перерабатывающие медные руды, используют сульфидрильные собиратели: ксантогенаты, дитиофосфаты, тионокарбаматы и др. Сульфидные минералы меди обладают высокой флотационной активностью в широком диапазоне pH: от 6 до 14. Причем вторичные сульфиды меди флотируются лучше первичных и депрессируются при более высоких значениях pH пульпы. Это объясняется тем, что минимальная необходимая для полной флотации вторичных сульфидов концентрация собирателя значительно меньше, чем для халькопирита. Когда концентрация, например, ксантогената в пульпе равна только минимально необходимой для халькопирита, она уже в несколько раз превышает ее для вторичных сульфидов меди, что приводит к большей вероятности закрепления на них собирателя, гидрофобизации поверхности и флотации.

В открытом цикле время флотации основной флотации – 10 минут; расход реагентов г/т: НРБ – 20, ксантогената – 40, пенообразователя Т-92 – 88, известки 1000-2000; при pH 7,91-10,03.

В таблице 3 представлены расходы реагентов, при котором получены оптимальные технологические показатели флотации.

Из таблицы 3 видно, что при применении реагентов: НРБ – 20 г/т, СаО 1500 г/т, Т-92 – 88 г/т, качество медного концентрата составляет 10,13 % при извлечении 94,93 %. При реагентном фабричном режиме – качество медного концентрата составляет 11,27 % при извлечении 71,32 %.

Применение нового реагента НРБ позволяет увеличить извлечение медного концентрата на 23,61 % по сравнению с применением в технологии флотации в качестве реагента собирателя – ксантогената. В замкнутом цикле время измельчения 28 мин. Время флотации: основная флотация – 10 мин; I перечистка – 7 мин; II перечистка – 5 мин; III перечистка – 3 мин.

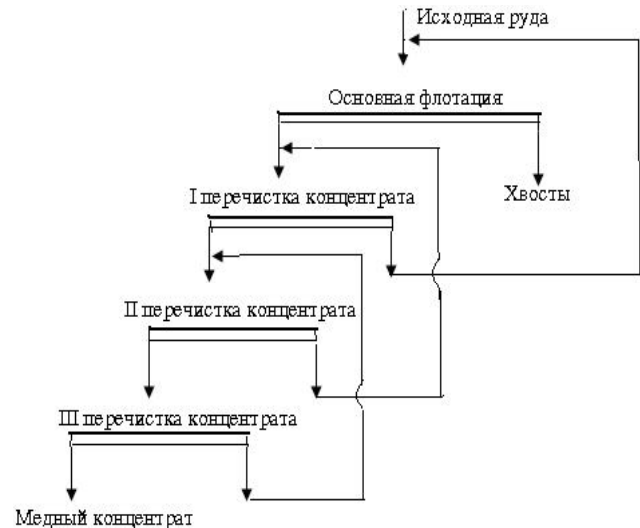


Рисунок 3 – Схема флотации медной руды в замкнутом цикле

Из таблицы 4 видно, что результаты опыта с реагентом НРБ значительно выше, в частности, содержание меди в концентрате 18,64 % (против 17,98 % с ксантогенатом), извлечение меди в концентрат с НРБ – 93,11 % (против 90,28 % с ксантогенатом). Применение реагента НРБ позволяет повысить качество медного концентрата на 0,66 %, извлечение – на 2,83 %.

Таблица 3 – Результаты флотации медных руд в открытом цикле

Наименование продукта	Выход		Cu		As		Реагент, г/т			
	г	%	β, %	ε, %	β, %	ε, %	СаО	НРБ	Кs	Т-92
Опыт № 1							1500	20	0	88
Концентрат	89	8,92	10,13	94,93	0,11	35	-	-	-	-
Хвосты	909	91,08	0,053	5,07	0,020	65	-	-	-	-
Руда	998	100	0,95	91,77	0,028	100	-	-	-	-
Опыт № 2							1500	0	20	88
Концентрат	86	8,63	11,27	71,32	0,10	33,21	-	-	-	-
Хвосты	910	91,37	0,059	20,45	0,019	66,79	-	-	-	-
Руда	996	100	1,03	91,77	0,026	100	-	-	-	-

Таблица 4 – Результаты флотации медных руд в замкнутом цикле

Наименование продукта	Выход		Cu		As		Реагент, г/т			
	г	%	β, %	ε, %	β, %	ε, %	CaO	НРБ	Ks	T-92
Опыт № 1 (фабричный режим)							1500	-	20	88
Концентрат III перечистки	187	4,67	17,98	90,28	0,24	41,75	-	-	-	-
Хвосты III перечистки	15	0,38	4,70	1,92	0,20	2,86				
Концентрат II перечистки	202	5,05	16,98	92,20	0,023	44,88	-	-	-	
Хвосты II перечистки	20	0,50	2,65	1,43	0,13	2,44				
Концентрат I перечистки	222	5,55	15,69	93,62	0,23	46,37				
Хвосты I перечистки	50	1,25	0,63	0,85	0,047	2,22	-	-	-	
Концентрат основной флотации	272	6,80	12,92	94,48	0,19	49,27				
Хвосты основной флотации	3726	93,20	0,055	5,52	0,014	50,73				
Руда	3998	100	0,93	100	0,027	100	-	-	-	
Опыт № 2 (реагентный режим с НРБ)							1500	20	-	88
Концентрат III перечистки	180	4,51	18,64	93,11	0,11	18,62	-	-	-	-
Хвосты III перечистки	23	0,58	1,20	0,70	0,31	6,73				
Концентрат II перечистки	193	4,84	17,54	94,32	0,11	24,07	-	-	-	
Хвосты II перечистки	23	0,58	2,65	1,43	0,13	2,44				
Концентрат I перечистки	216	5,42	15,79	95,10	0,15	30,70				
Хвосты I перечистки	46	1,15	0,34	0,43	0,13	5,65	-	-	-	
Концентрат основной флотации	262	6,57	13,09	95,25	0,15	36,83				
Хвосты основной флотации	3734	93,43	0,046	4,75	0,015	13,22				
Руда	3996	100	0,90	100	0,027	100	-	-	-	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. М.: Недра, 1984. 383 с.
2. Глембоцкий В.А. Основы физико-химии флотационных процессов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 471 с.

УДК 622.28

К расчету оптимизации выпускного люка

С.С. ЖЕТЕСОВ, д.т.н., профессор кафедры ГМиО,

Г.Б. АБДУГАЛИЕВА, магистр кафедры ГМиО,

К.М. БЕЙСЕМБАЕВ, к.т.н., доцент кафедры ГМиО,

Карагандинский государственный технический университет

Ключевые слова: разработка, гравитация, угольный пласт, опускной блок, массив, стационарно-передвижная крепь, крепление, выпускной люк, напряженно-деформированное состояние кровли.

Применение для охраны выработок целиков и полос из закладки является эффективной мерой воздействия на напряженно-деформированное состояние массива (НДС) с целью управления за счет высокого силового отпора и разнообразной архитектуры выработанного пространства, оптимального расположения в нем очистного, а также вспомогательного оборудования и крепи. При этом открываются перспективные возможности сочетания традиционных технологий с новыми элементами камерных систем для сложных условий [1, 2], обеспечивается возрастание информации об условиях зон развораживания интенсивных горных работ. Кроме того, возрастают возможности предварительной дегазации массива, управления процессом газоотдачи из пластов, использования комплексности и безотходности производства.

Современные аналитические (числовые) решения не всегда учитывают реальное состояние массива, выражающееся в дезинтеграции призабойной зоны,

наличие в системе взаимодействия целиков и полос, волнообразность распределения деформаций и напряжений в глубине пласта, особенности протекающих в нем разрушений [3]. Эти факторы могут стать основными при определении устойчивости погашаемого угла верхней толщи или опускных блоков.

В то же время аналитические подходы с учетом все большего количества факторов усложняются так, что работоспособность их из-за громоздкости решений резко падает. Наиболее используемые в настоящее время численные решения на основе метода конечных элементов (МКЭ) не всегда отвечают требованиям расчетных схем, реальным состояниям массива и взаимодействию его элементов. Поэтому следует разрабатывать работоспособные системы расчетов, допускающих широкие корректировки решений по экспериментальным данным и имеющих упрощенные выражения, в то же время отражающих главные принципы взаимодействия и движения элементов горной