

Муханова А.А.

КЫЙЫНЧЫЛЫК МЕНЕН БАЙЫТЫЛУУЧУ КЕНДЕРДИН ФЛОТАЦИЯСЫНА  
КОМПОЗИЦИЯЛУУ ЧОГУЛТКУЧТАРДЫ КОЛДОНУУ

Муханова А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОБИРАТЕЛЕЙ ПРИ ФЛОТАЦИИ  
ТРУДНООБОГАТИМЫХ РУД

A.A. Mukhanova

COMPOSITE REAGENTS FOR FLOTATION OF REFRACTORY ORES

УДК: 622.765.06

Казахстандын ар түрдүү кен жатак жериндеги кыйынчылык менен байытылуучу кендерди флотациялоодо композициялык чогулткучтарды колдонуу менен изилдөөлөр жүргүзүлдү. Берилген технология жаңы реагенттерди колдонуу менен түстүү металлдардын коллективдүү концентратка 1,5-3% жана коргошундун курамы 1%га, ал эми цинктин бөлүнүп алынышы 1,5%га жогорулашы айгинелейт.

**Негизги сөздөр:** композициялык чогулткуч, флотация, бөлүнү атуу, концентрат.

Проведены исследования по флотации полиметаллической труднообогатимой руды различных месторождений Казахстана с применением композиционных собирателей. Предлагаемая технология с использованием новых реагентов, улучшить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,5-3% и повышению содержания свинца на 1%, а извлечение цинка увеличивается на 1,5%.

**Ключевые слова:** композиционный собиратель, флотация, извлечение, концентрат.

The flotation of refractory ores from different deposits of Kazakhstan has been studied, using composite reagents. The technology propose with applicate new reagents of the bulk concentrate in non-ferrous metals extraction have been increased by 1.5-3%, and lead content in has been increased by 1 % and zinc increased at extraction 1.5 %.

**Key words:** composition reagents, flotation, extraction, concentrate.

Одним из крупнейшим полиметаллическим труднообогатимым рудам можно отнести Шалкинское месторождение, где общие запасы свинцово-цинковой руды превышают 200 млн. т. При этом содержание ценных металлов составляет 5%, из них 70-80% цинк и 20-30% свинца. Труднообогатимость руд месторождения «Шалкия» связана с очень тонкой дисперсностью минералов галенита, сфалерита и пирита, их тесным взаимопроращением между собой и породообразующими минералами, наличием ультратонких углистых веществ, а так же присутствием минералов кальцита и доломита. Вследствие этого увеличивается объем добываемого и перерабатываемого минерального сырья, возникает необходимость более тонкого измельчения руды перед процессами обогащения, что, в конечном счете, приводит к перерасходу токсичных реагентов.

Существующая технология обогащения труднообогатимой руды месторождения «Шалкия» требует дальнейшего совершенствования, в частности, изменения реагентного режима флотации, применения новых более селективных реагентов-собирателей с

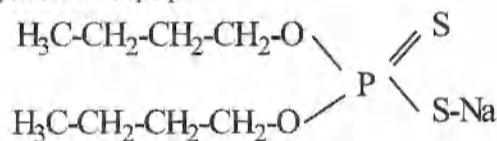
целью повышения технологических показателей флотационного обогащения.

Поэтому данное направление исследований, применительно к рудам цветных металлов и, особенно, к полиметаллическим рудам, в сочетании с модифицированными новыми реагентами, необходимо развивать.

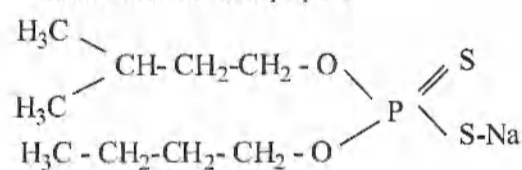
Эффективность флотации зависит от наличие широкого ассортимента селективных нетоксичных реагентов. Одним из сравнительно мало затратных путей решение вопросов флотации труднообогатимых руд является применение эффективных реагентов. В связи с этим применение новых флотореагентов, полученные из сивушного масла является актуальной задачей.

В исследованиях были использованы 2 образца собирателей – базовый реагент бутиловый аэрофлот (бутиловый дитиофосфат) и новый модифицированный смесевой аэрофлот (изоамиловый и бутиловый фосфат) и бутиловый аэрофлот и сивушное масло в соотношении 1:3.

Бутиловый аэрофлот



Композиционный аэрофлот



В связи с этим, в данной работе приведены результаты флотационного обогащения медно-свинцово-цинковых руд Артемьевского месторождения с применением модифицированного бутилового ксантогената, в сравнении с традиционным бутиловым ксантогенатом. Определено оптимальный режим флотации полиметаллической руды с применением базового реагента – бутилового аэрофлота и модифицированного смесевого аэрофлота для получения коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата из полиметаллической руды Артемьевского месторождения. Технологическая схема и реагентный режим флотации представлены на рис.1. Схема коллективной флотации руды состоит,

основную коллективную медно-свинцово-цинково-пиритную флотацию, две перечистки коллективного концентрата и контрольную флотацию. В качестве

собирателя использовали базовый бутиловый аэрофлот и модифицированный смесевой аэрофлот, в качестве пенообразователя – Т-80.

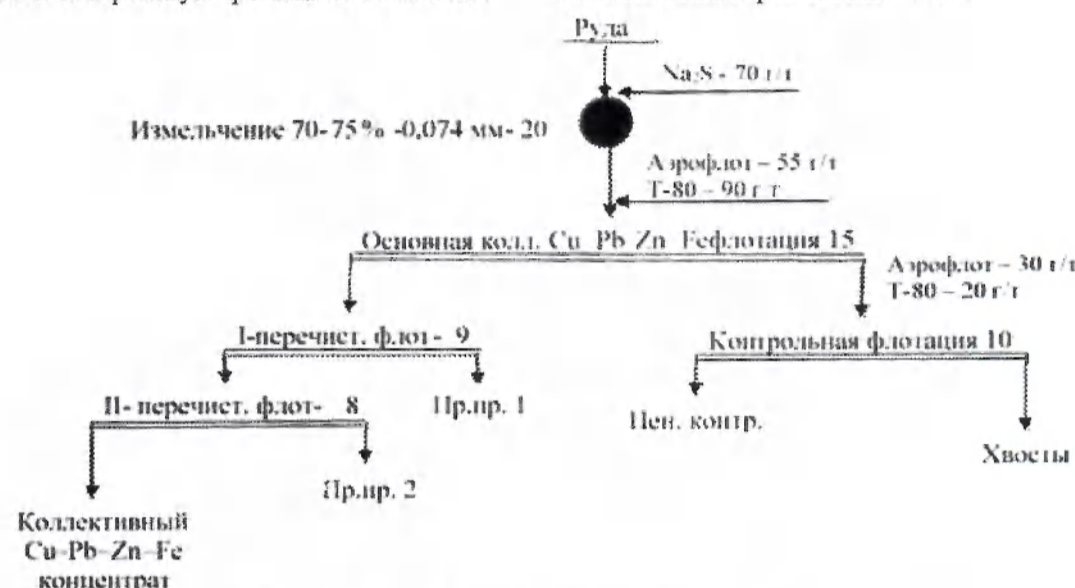


Рисунок 1 – Схема флотации полиметаллической руды

Артемьевского месторождения с получением коллективного медно-свинцово-цинково-пиритного концентрата.

Результаты опытов по определению оптимального расхода модифицированного смесевое аэрофлота в цикле коллективной флотации представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты флотации руды Артемьевского месторождения с получением коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата при оптимальных расходах

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %				Примечание
		Pb	Cu	Zn	Fe	Pb	Cu	Zn	Fe	
Коллект. к-т	24,50	8,5	4,1	23,8	18,9	<b>81,5</b>	<b>84,7</b>	<b>85,6</b>	56,6	Базовый метод Расход бут. аэр. – 85 г/т
Пр. пр. 2	3,60	3,5	1,3	8,3	10,5	4,9	3,9	4,4	4,6	
Пр. пр. 1	5,40	1,9	0,9	5,5	7,4	4,0	4,1	4,4	4,9	
Пен. контр. 1	3,80	3,1	0,6	6,9	8,5	4,6	1,9	3,8	4,0	
Хвосты	62,70	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	3,9	4,9	5,3	1,8	29,9	
Исход. руда	100,0	2,55	1,19	6,81	8,18	100	100	100	100	<b>Расход смесевое бут. аэр. – 75 г/т</b>
Коллект. к-т	25,64	8,71	4,05	25,9	18,6	<b>84,5</b>	<b>85,9</b>	<b>88,9</b>	57,4	
Пр. пр. 2	2,89	2,5	1,1	9,6	10,2	2,7	2,6	3,7	3,5	
Пр. пр. 1	7,56	1,75	0,6	4,1	9,4	5,0	3,7	4,1	8,5	
Пен. контр. 1	6,01	1,5	0,6	2,2	8,7	3,4	3,0	1,8	6,3	
Хвосты	57,90	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	3,5	4,4	4,8	1,5	24,3	
Исход. руда	100,0	2,65	1,21	7,49	8,34	100	100	100	100	

Анализ полученных результатов свидетельствует, что при общем расходе базового бутилового аэрофлота 85 г/т получен коллективный медно-свинцово-цинковый концентрат с содержанием меди 4,1%, свинца – 8,5%, цинка – 23,8%. Извлечение меди при этом составило 84,7%, свинца – 81,5%, цинка – 85,6%. Исследование оптимального расхода модифицированного смесевое аэрофлота варьировалось от 65 до 100 г/т. Как видно из таблицы 1 оптимальным расходом смесевое аэрофлота является 75 г/т. При этом получен коллективный медно-свинцово-цинковый концентрат с содержанием меди 4,05 %, свинца – 8,71 %, цинка – 25,9 %. Извлечение меди в коллективный концентрат составило 85,9 %, свинца – 84,5 %, цинка – 88,9 %. Применение модифицированного смесевое аэрофлота позволяет

увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,5-3 %.

Степень измельчения исходного коллективного концентрата составляла 95 % класса - 0,074 мм. Расход базового бутилового аэрофлота составлял 15 г/т. Расход модифицированного смесевое аэрофлота варьировался от 0 до 15 г/т.

Как видно из результатов таблицы 2 оптимальным расходом модифицированного аэрофлота является 10 г/т. При этом, по сравнению с базовым аэрофлотом, содержание меди в медном концентрате возрастает от 26,8 до 28,9 %. Извлечение меди в медный концентрат увеличивается с 62,4 до 66,9 %. При расходе 15 г/т извлечение меди возрастает еще до 68,6 %, но при этом содержание меди в концентрате падает до 26,4 %.

Таблица 2 – Результаты флотации коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата Артемьевского месторождения с применением модифицированного смешанного аэрофлота с получением селективных концентратов

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %				Примечание
		Pb	Cu	Zn	Fe	Pb	Cu	Zn	Fe	
<b>Си конц-т</b>	8,10	1,0	<b>26,8</b>	5,1	27,6	0,9	<b>62,4</b>	1,3	13,3	Базовый аэрофлот 15 г/т
Пр. пр. Си 2	4,90	12,1	7,5	28	14,5	6,6	10,6	4,5	4,2	
Пр. пр. Си 1	5,20	22,1	10,2	19,3	15,9	12,7	15,3	3,3	4,9	
Кам. прод. Си	81,80	8,8	0,5	34,2	15,9	79,8	11,8	90,9	77,6	
Коллект. к-т	100,0	9,02	3,48	30,8	16,8	100	100	100	100	
<b>Си конц-т</b>	8,28	1,5	<b>28,9</b>	2,4	27,6	1,51	<b>66,9</b>	0,79	13,5	Смешанной аэрофлот 10 г/т
Пр. пр. Си 2	3,94	10,1	7,8	18,4	14,5	4,84	8,60	2,88	3,39	
Пр. пр. Си 1	6,40	13,4	11,1	9,1	15,9	10,4	19,9	2,31	6,06	
Кам. прод. Си	81,38	<b>8,4</b>	<b>0,2</b>	<b>29,1</b>	15,9	<b>83,2</b>	<b>4,56</b>	<b>94,0</b>	77,0	
Коллект. к-т	100,0	8,2	3,6	25,2	16,9	100	100	100	100	
<b>Pb конц-т</b>	13,5	<b>54,1</b>	0,4	5,2	3,1	<b>89,7</b>	38,4	2,5	2,5	Базовый аэрофлот 15 г/т
Пр. пр. Pb 2	1,9	10,9	0,1	7,6	2,7	2,5	1,4	0,5	0,3	
Пр. пр. Pb 1	2,8	3,6	0,1	12,6	2,9	1,2	2,0	1,3	0,5	
Пен. пр. Pb фл.	3,6	3,9	0,1	7,5	3,1	1,7	2,6	1,0	0,7	
Камер. пр. Pb	78,2	0,5	0,1	34,1	20,7	4,8	55,7	94,8	96,1	
Камер. пр. Cu	100	8,14	0,14	28,1	16,8	100	100	100	100	
<b>Pb конц-т</b>	14,1	<b>56,4</b>	0,4	4,8	2,5	<b>89,4</b>	39,6	2,3	2,2	Смешанной аэрофлот 10 г/т
Пр. пр. Pb 2	2,1	11,4	0,1	8,6	2,4	2,7	1,5	0,6	0,3	
Пр. пр. Pb 1	2,4	3,4	0,1	13,4	2,6	0,9	1,7	1,1	0,4	
Пен. пр. Pb фл.	4,8	4,9	0,1	6,3	2,9	2,6	3,4	1,0	0,9	
Камер. пр. Pb	76,6	0,5	0,1	36,1	19,9	4,3	53,8	94,9	96,2	
Камер. пр. Cu	100	8,89	0,14	29,1	15,8	100	100	100	100	
<b>Zn конц-т</b>	50,9	0,5	0,1	<b>52,4</b>	4,2	50,1	50,9	<b>83,7</b>	11,0	Базовый аэрофлот 15 г/т
Пр. пр. Zn 2	3,6	0,4	0,1	29,6	5,1	2,8	3,6	3,3	0,9	
Пр. пр. Zn 1	1,9	0,6	0,1	20,6	3,9	2,2	1,9	1,2	0,4	
Пен. пр. Zn фл.	4,9	0,7	0,1	25,9	3,9	6,8	4,9	4,0	1,0	
Fe конц-т	38,7	0,5	0,1	6,4	43,5	38,1	38,7	7,8	86,7	
Камер. пр. Pb	100	0,51	0,10	31,8	19,4	100	100	100	100	
<b>Zn конц-т</b>	51,2	0,4	0,1	<b>53,3</b>	3,2	41,3	51,2	<b>85,8</b>	8,3	Смешанной аэрофлот 10 г/т
Пр. пр. Zn 2	4,1	0,7	0,1	29,6	5,4	5,8	4,1	3,8	1,1	
Пр. пр. Zn 1	2,8	0,5	0,1	24,1	7,9	2,8	2,8	2,1	1,1	
Пен. пр. Zn фл.	3	0,5	0,1	32,7	7,2	3,0	3,0	3,1	1,1	
Fe конц-т	38,9	0,6	0,1	4,2	<b>44,6</b>	47,1	38,9	5,1	<b>88,3</b>	
Камер. пр. Pb	100	0,50	0,10	31,8	19,6	100	100	100	100	

После медного цикла флотации проведены исследования по выбору оптимальных условий флотации коллективного свинцово-цинкового концентрата с применением базового реагента и модифицированного смешанного аэрофлота с получением свинцового и цинкового концентратов в зависимости от расхода реагента.

Оптимальным расходом смешанного аэрофлота является 10 г/т. При этом, по сравнению с базовым аэрофлотом, содержание свинца в свинцовом концентрате возрастает от 54,1 до 56,4%. Извлечение свинца в свинцовый концентрат остается на том же уровне, что и при использовании базового аэрофлота – 89,4% против 89,7%. Анализ содержания свинца показал, что при использовании модифицированного аэрофлота качества свинцового концентрата увеличивается 2,3%. После получения свинцового концентрата следует цинковый цикл флотации при pH 10,0-10,5 и активации цинковых минералов медным купоросом (рис.1). Результаты флотационного получения цинкового концентрата из камерного продукта свинцовой флотации руды Артемьевского месторождения с применением разного расхода

модифицированного смешанного аэрофлота варьировались от 10 до 25 г/т.

При использовании базового бутлового аэрофлота в количестве 25 г/т был получен цинковый концентрат с содержанием цинка 52,4% при извлечении 83,7%. При оптимальном расходе смешанного аэрофлота 20 г/т получен цинковый концентрат с содержанием цинка 53,3% при извлечении 85,8%. Камерный продукт цинковой флотации является железосодержащим (пиритным) концентратом.

В данной работе использовали нового модифицированного реагента для эффективного обогащения сульфидных руд цветных металлов с последующим выделением высококачественных разноименных концентратов. В работе приведены результаты флотационного обогащения свинцово-цинковых руд Шалкинского месторождения с применением бутлового аэрофлота и модифицированного смешанного аэрофлота. Для проведения исследований была использована технологическая проба свинцово-цинковой руды с содержанием свинца 1,3% и цинка 3,7%.

Обогащение руд проводили по схеме коллективно-селективной флотации.

Схема коллективной флотации включала в себя до 70-75% класса – 0,074 мм, основную коллективную свинцово-цинковую флотацию с двумя стадиями, две перечистки и контрольную флотацию.

В процессе флотационных исследований был определен оптимальный расход модифицированного бутилового аэрофлота в сравнении с бутиловым аэрофлотом. При расходе модифицированного аэрофлота 200 г/т был получен коллективный свинцово-цинковый концентрат с содержанием свинца - 9,1%, цинка - 23,1%. Извлечения свинца в коллективный концентрат

составило 76,1%, цинка -75,7%. При оптимальном расходе бутилового аэрофлота 250 г/т был получен коллективный концентрат с содержанием свинца-8,1%, цинка -22,5%. Извлечение свинца при этом составило 75,9% и цинка -74,2%.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что использование модифицированного смешанного аэрофлота позволяет уменьшить расход реагента на 10 г/т по сравнению с бутиловым аэрофлотом и повысить содержание свинца на 1%, а извлечение цинка на 1,5%.

Таблица 3 – Результаты коллективной свинцово-цинковой флотации руды месторождения Шалкия при разном расходе композиционного аэрофлота в сравнении с бутиловым аэрофлотом

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Zn	Pb	Zn	Pb	
Zn-Pb концентрат	12,3	22,5	8,1	74,2	75,9	Бутиловый аэрофлот 250 г/т
Пром. прод. 2	2,5	8,6	2,4	5,8	4,6	
Пром. прод. 1	4,3	5,3	1,6	6,1	5,2	
Пен.контр.фл.	2,0	2,4	1,5	1,3	2,3	
Хвосты	78,9	0,6	0,2	12,7	12,0	
Исх. руда	100	3,7	1,3	100	100	
Zn-Pb концентрат	9,6	23,4	9,6	62,3	63,5	Композиц. аэрофлот 150 г/т
Пром. прод. 2	1,6	13,1	3,2	5,8	3,5	
Пром. прод. 1	2,9	9,6	2,6	7,7	5,2	
Пен.контр.фл.	3,1	6,7	2,3	5,8	4,9	
Хвосты	82,8	0,8	0,4	18,4	22,8	
Исх. руда	100	3,6	1,5	100	100	
Zn-Pb концентрат	12,1	23,1	9,1	75,7	76,1	Композиц. аэрофлот 200 г/т
Пром. прод. 2	1,8	9,5	3,2	4,6	4,0	
Пром. прод. 1	4,0	4,9	2	5,3	5,5	
Пен.контр.фл.	2,6	5,1	1,9	3,6	3,4	
Хвосты	79,5	0,5	0,2	10,8	11,0	
Исх. руда	100	3,7	1,4	100	100	
Zn-Pb концентрат	14,6	19,6	7,0	79,2	73,4	Композиц. аэрофлот 250 г/т
Пром. прод. 2	2,0	7,5	3,6	4,2	5,2	
Пром. прод. 1	4,7	3,9	2,3	5,1	7,8	
Пен.контр.фл.	1,9	1,8	1,9	0,9	2,6	
Хвосты	76,8	0,5	0,2	10,6	11,0	
Исх. руда	100	3,6	1,4	100	100	

**Вывод**

Использование различных соотношений спиртов нормального и изостроения на стадии синтеза аэрофлотов позволяет изменить свойства реагентов. Показано, что гидрофобизирующее действие аэрофлотов усиливается с удлинением углеводородного радикала с изостроением или синтезированным смешанного аэрофлота. Такой тип реагентов наиболее целесообразно применять для уменьшения потерь минералов тонких классов за счет их флокуляции.

Исследование по выбору оптимальных условий флотации коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата из руды Артемьевского месторождения с применением модифицированного смешанного аэрофлота позволяет увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,5-3%.

Использование модифицированного смешанного аэрофлота приводит к уменьшению расхода реагента на 10 г/т по сравнению с бутиловым аэрофлотом и повышению содержание свинца на 1%, а извлечение цинка увеличивается на 1,5%.

**Список использованных источников:**

1. Ignatkina V.A., Bocharov V.A., Puntukova B.T., Alekseychuk D.A. Analysis of silicivity of tionocarbomate combinations

with butylxanthate and dithiophosphate. Journal of Mining Science, Springer New York 2010. vol.6. No.3. - P.324-332.

2. Студенцов В.В., Ниязов А.А., Абишев Д.Н. и др. Перспективы обогащения Шалкинского свинцово-цинковой руды. Тез. Доклады научно-практической конференции – Состояние разработки и проблемы внедрения прогрессивных технологий добычи и переработки рудного сырья. Алматы. 1995.- С. 47-48.

3. Тусупбаев Н.К., Бектурганов Н.С., Турысбеков Д.К., Семушкина Л.В., Муханова А.А. Усовершенствование технологии селекции коллектив. медно-свинцово-цинкового концентрата. Обогащения руд. 2013. №6.- С.11-16.

4. Лившиц А.К., Кузькин А.С. Эффективность применения сульфидрильных собирателей при флотации медных руд. Цветная металлургия. 1962. № 12. С. 19-21.

5. Дуденков С.В., Шубов Л.Я. и др. Основы теории и практики применения флотационных реагентов. М., Недра. 1969. С. 257-272.

6. Тропман Э.П., Сулаквелидзе Н.В., Русских Л.В. Эффективные флотационные реагенты, перспективы их промышленного применения / III Всероссийская научная конференция «Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий», г.Томск 2004. С.97-99.

Рецензент: д.т.л. Тастанов А.Е.