

## ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД

## INCREASING THE LEVEL OF GOLD RECOVERY DURING THE COMBINED PROCESSING OF GOLD CONTAINING LEAD-ZINC ORES



**Н. В. Зверева,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
natalya0489@mail.ru

**N. Zvereva,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**В. П. Мязин,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
myazinvpchita@mail.ru

**V. Myazin,**  
Transbaikal State University,  
Chita

Руда месторождения «Ново-Широкинское» перерабатывается на обогатительной фабрике АО «Ново-Широкинский рудник» по гравитационно-флотационной схеме. Технологическая схема переработки золотосодержащих свинцово-цинковых руд состоит из двух узлов: 1 – гравитационный; 2 – флотационный. Узел гравитационного обогащения для извлечения свободного золота (доля извлечения свободного золота в гравитационный концентрат не более 30 %) реализуется с помощью отсадочных машин, винтовых сепараторов и концентрационных столов. Узел флотационного обогащения включает: коллективный цикл, состоящий из основной, контрольной и двух перечистных операции; свинцовый цикл, включающий основную, контрольную и одну перечистную операции; цинковый цикл, включающий основную, контрольную и три перечистные операции. Руда месторождения «Ново-Широкинское» относится к первичному типу, т. е. степень ее окисления составляет 3 %. Конечные (товарные) продукты, получаемые на фабрике при переработке руды месторождения «Ново-Широкинское»: объединенный свинцовый концентрат марки КС-8, соответствующий ТУ 1725-002-24722376-2011 «Концентраты свинцовые»; цинковый концентрат марки КЦ-3, соответствующий ТУ 1725-001-24722376-2011 «Концентрат цинковый». Хвосты цинковой флотации являются отвальными и складываются в хвостохранилище. В связи со снижением содержания свинца в руде сокращается количество извлекаемого золота во флотационный концентрат. Учитывая, что использование традиционного реагента бутилового ксантогената калия –  $C_5H_9OS_2K$  (далее БКК) в качестве собирателя не дает искомых результатов, требуется поиск сочетаний его с новыми реагентами. *Объект исследования* – золотосодержащие свинцово-цинковые руды Ново-Широкинского месторождения. *Предмет исследования* – режимы флотационного процесса обогащения золотосодержащих свинцово-цинковых руд с использованием сочетания собирателей: известного бутилового ксантогената калия (БКК) и предполагаемого нового реагента Аэрофлота БТФ 15221. *Цель работы* – повышение эффективности флотационного обогащения золотосодержащих свинцово-цинковых руд на основе определения оптимального реагентного режима при сочетании известного реагента собирателя БКК и предлагаемого в работе Аэрофлота БТФ 15221

**Ключевые слова:** реагенты, селекция, извлечение, флотационный метод обогащения, лабораторные исследования, эффективность обогащения, минерал, концентрат, соотношение реагентов, промышленные испытания

The ore of the Novo-Shirokinskoye deposit is processed at the processing plant of JSC Novo-Shirokinskoye Mine according to the gravity-flotation scheme. The technological scheme for processing gold-containing lead-zinc ores consists of two nodes: 1 – gravity; 2 – flotation. The gravity node for the extraction of free gold (the extraction proportion of free gold into the gravity concentrate is not more than 30%) is realized with the help of jiggging machines, screw separators and concentration tables. The flotation node includes: collective cycle, including the main, control and two partial operations; lead cycle, including the main, control and one recleaner operation; zinc cycle, which includes the main, control and three cleaning operations. The ore of the Novo-Shirokinskoye deposit belongs to the primary type, since the degree of its oxidation is 3 %. Final (marketable) products obtained at the factory during ore processing of the Novo-Shirokinskoye deposit are: combined lead concentrate of the LC-8 brand, corresponding to TU 1725-002-24722376-2011 “Lead concentrates”; zinc concentrate of the ZC-3 brand, corresponding to TU 1725-

001-24722376-2011 “Zinc concentrate”. Zinc flotation tailings are dump and stored in a tailings storage facility. Due to the tendency to reduce the lead content in the ore, the dependence of the reduction in the extraction of gold into the flotation concentrate is manifested. Considering the use of the traditional reagent of potassium butyl xanthogenate -  $C_8H_9OS_2K$  (further BPX) as a collector, does not give the desired results, a search for combinations with new reagents is required. *The object of research* is gold-containing lead-zinc ores. *The subject of the study* is the modes of the flotation process of enrichment of gold-containing lead-zinc ores using the collector BPX and the new reagent Aeroфлот BTF 15221 of the company “Kvadrat Plus”. The main idea of the work is to increase the efficiency of flotation enrichment of gold-containing lead-zinc ores by determining the optimal combination of the known reagent of the collector BCC and the proposed Aeroфлот BTF15221

**Key words:** reagents, selection, extraction, flotation method of enrichment, laboratory studies, enrichment efficiency, mineral, concentrate, ratio of reagents, industrial testing

**Введение.** Золотосодержащие свинцово-цинковые руды перерабатываются в основном по комбинированной схеме [2], состоящей из гравитационного и флотационного узлов. Переработка руд Ново-Широкинского месторождения осуществляется также по комбинированной схеме с получением двух готовых продуктов – свинцовый и цинковый концентраты. Свободное золото выделяют гравитацией, тонкое золото – флотацией совместно со свинцом. Однако в последнее время отмечается снижение извлечения золота в товарный концентрат в связи со снижением содержания свинца в руде.

Сложные по минералогическому составу полиметаллические руды обогащаются по технологической схеме с применением множества операций перемешивания свинцовых и цинковых концентратов и промежуточных продуктов, что всегда приводит к большим технологическим потерям золота [1; 5]. Для решения возникшей проблемы требуется изыскать современные селективные собиратели и их сочетание.

*Объект исследования* – золотосодержащие свинцово-цинковые руды Ново-Широкинского месторождения.

*Предмет исследования* – режимы флотационного процесса обогащения золотосодержащих свинцово-цинковых руд с использованием сочетания собирателей: известного бутилового ксантогената калия (БКК) и предполагаемого нового реагента Аэрофлота БТФ 15221.

*Цель исследования* – повышение эффективности извлечения ценного компонента при флотационном обогащении руд на обогатительной фабрике на основе изыскания сочетания реагентов собирателей».

*Основные задачи:*

– установить оптимальное соотношение реагентов собирателей – БКК и Аэрофлота БТФ 15221 для повышения извлечения золота;

– выполнить анализ операционного баланса металлов, установить показатель повышения извлечения золота в свинцовый концентрат;

– дать экономическую оценку эффективности от применения нового реагента Аэрофлот БТФ 15221.

*Основная идея работы* – реализация возможности повышения извлечения золота из золотосодержащих свинцово-цинковых руд путём использования нового реагента Аэрофлота БТФ 15221 в соотношении с БКК.

Химический состав руд Новоширокинского месторождения представлен на 49,95 % кремнеземом, доля глинозема составляет 12,77 %. Основная часть золота – 43,7 % присутствует в открытых сростках; 32,77 % золота находится в свободной форме. Следовательно, цианированием может быть извлечено до 76 % металла. В кислоторастворимых минералах заключено 2,24 % золота, в сульфидах и в породообразующих минералах – 19,33 и 1,96 % соответственно<sup>1</sup>.

По данным минералогического анализа, в исходной руде присутствует видимое золото размером от первых десятков мкм до 300×450 мкм. Преобладают золотины размером менее 100 мкм<sup>1</sup>.

Содержание золота, определенное в монофракциях сульфидов из исходной руды – пирита, сфалерита и галенита, составило: 20,5, 7,83 и 1,47 г/т соответственно. Микрозондовые исследования показали, что в составе пере-

<sup>1</sup> Технологический регламент для переработки руды месторождения «Ново-Широкинское», ОАО «Иргиредмет» 2017 г. Договор №502-/1-16 доп. согл № 1.

численных сульфидов золото присутствует лишь в пирите. Поэтому можно заключить, что золото в сульфидах в большей степени находится в свободной форме, заполняя микротрещины и пустоты.

При построении технологических схем обогащения золотосодержащих полиметаллических руд на фабрике возникает необходимость применения большого числа операций перемешивания свинцовых и цинковых концентратов и промежуточных продуктов, что обуславливает значительные потери золота [3; 8; 10]. Поэтому для решения возникшей технологической проблемы требуется использовать современные селективные собиратели и их сочетания, которые бы позволили получать более качественные концентраты [2; 5; 9].

Ранее выполненные научные исследования по изысканию реагентов собирателей показали, что наиболее эффективным (с целью повышения извлечения золота для данного типа руд), может быть сочетание известного БКК и Аэрофлота БТФ 15221 [5; 6]. При этом рекомендуемое сочетание БКК/БТФ15221 должно составлять 70:30.

*Краткая характеристика испытуемого реагента.* Флотореагент БТФ-15221 представляет собой водный раствор диалкилдитиофосфата натрия, где массовая доля основного

вещества составляет 50 %. Флотореагент обладает умеренными пенообразующими свойствами, проявляет высокую эффективность извлечения золота при переработке золото-содержащих руд. Его можно отнести к числу самых селективных собирателей при разделении сульфидных минералов драгоценных металлов и отделении этих минералов от пирита и углерода. Он также показывает высокую селективность действия к золоту при флотации золотосодержащих руд, в которых, помимо золота, содержится углерод. При этом собиратель максимально извлекает золото и минимально – углерод [6].

С целью подтверждения экспериментальных данных, полученных в исследовательской лаборатории АО «Ново-Широкинский рудник» в 2021-2022 гг., провели дальнейшие промышленные испытания на обогатительной фабрике. Для этого использовали реагент собиратель типа Аэрофлот БТФ-15221.

Промышленные испытания проводили в три этапа:

I этап – с 11.11.2021 по 27.11.2021 гг. (табл. 1);

II этап – с 18.02.2022 по 17.03.2022 гг. (табл. 2);

III этап – с 30.03.2022 по 18.04.2022 гг. (табл. 3).

Таблица 1 / Table 1

*Сравнительные данные технологических показателей фабрики, полученных при испытаниях реагента-собирателя Аэрофлот БТФ-15221 (первый этап испытаний) / Comparative data of technological indicators of the factory obtained during testing of the reagent collector Aeroflot BTF-15221 (first stage of testing)*

Показатель / Indicator	Продолжительность исследований, дн. / Duration of studies, days		Численное значение полученной разницы / Numerical value of the difference obtained
	01.11.2021–10.11.2021 до применения БТФ / before using BTF	11.11.2021–27.11.2021 после применения БТФ / after applying BTF	
Выход концентрата Pb, %/ Output of lead concentrate	2,18	2,20	0,02
Выход концентрата Zn, %/ Output of zinc concentrate	0,61	0,44	-0,17
Содержание Pb в руде, %/Pb content in ore, %	0,53	0,57	0,04
Содержание Pb в концентрате, %/Pb content in concentrate, %	21,28	23,64	2,36
Извлечение Pb в концентрат, %/ Pb extraction into concentrate, %	88,21	90,61	2,40
Содержание Au в руде, г/т/ Au content in ore, g/t	3,06	4,40	1,34
Извлечение Au в концентрат, %/ Au extraction into concentrate, %	77,35	82,16	4,81

Таблица 2 / Table 2

Сравнительные данные технологических показателей фабрики, полученных при испытаниях реагента-собираателя Аэрофлот БТФ-15221 (второй этап испытаний) / Comparative data of technological indicators of the factory obtained during testing of the reagent collector Aeroфлот BTF-15221 (second stage of testing)

Показатель / Indicator	Продолжительность исследований, дн. / Duration of studies, days		Численное значение полученной разницы / Numerical value of the difference obtained
	01.02.2022–17.02.2022 до применения БТФ / before using BTF	18.02.2022–17.03.2022 после применения БТФ / after applying BTF	
Выход к-та Pb, % / Output of lead concentrate	2,32	2,38	0,06
Выход к-та Zn, % / Output of zinc concentrate	0,51	0,39	-0,12
Содержание Pb в руде, % / Pb content in ore, %	0,53	0,55	0,02
Содержание Pb в концентрате, % / Pb content in concentrate, %	20,96	21,31	0,35
Извлечение Pb в концентрат, % / Pb extraction into concentrate, %	91,74	91,84	0,10
Содержание Au в руде, г/т / Au content in ore, g/t	2,52	2,82	0,30
Извлечение Au в концентрат, % / Au extraction into concentrate, %	75,32	78,51	<b>3,19</b>

Таблица 3/ Table 3

Сравнительные данные технологических показателей фабрики, полученных при испытаниях реагента-собираателя Аэрофлот БТФ-15221 (третий этап испытаний) / Comparative data of technological indicators of the factory, obtained during testing of the reagent collector Aeroфлот BTF-15221 (third stage of testing)

Показатель / Indicator	Продолжительность исследований, дн. / Duration of studies, days		Численное значение полученной разницы / Numerical value of the difference obtained
	18.03.2022–29.03.2022 до применения БТФ / before using BTF	30.03.2022–18.04.2022 после применения БТФ / after applying BTF	
Выход к-та Pb, % / Output of lead concentrate	2,91	2,08	-0,83
Выход к-та Zn, % / Output of zinc concentrate	0,94	0,50	-0,44
Содержание Pb в руде, % / Pb content in ore, %	0,68	0,48	-0,21
Содержание Pb в концентрате, % / Pb content in concentrate, %	21,56	20,44	-1,12
Извлечение Pb в концентрат, % / Pb extraction into concentrate, %	91,64	89,54	-2,10
Содержание Au в руде, г/т / Au content in ore, g/t	2,67	2,60	-0,07
Извлечение Au в концентрат, % / Au extraction into concentrate, %	71,35	95,49	24,14
Выход к-та Pb, % / Output of lead concentrate	77,74	76,55	-1,19

Точки подачи реагента БТФ 15221 в технологической схеме на фабрике (рис. 1):

- в агитационный чан межцикловой флотации;
- в агитационный чан № 1 основной коллективной флотации;
- во вторую камеру основной коллективной флотации;
- в первую камеру контрольной коллективной флотации.

По результатам первого этапа промышленных испытаний на фабрике, выход свинцового концентрата – 2,20 %; цинкового концентрата – 0,44 %. Извлечение металлов в Pb концентрат, %: Au – 82,16; Ag – 85,88; Cu – 88,83; Pb – 90,61; Zn – 12,20; в Zn концентрат, %: Au – 0,76; Ag – 1,79; Cu – 1,65; Pb – 0,79; Zn – 60,0. При этом удельный расход флотореагента БТФ 15221 за период первого этапа промышленных испытаний на фабрике составил 10,57 г/т.

Содержание золота в исходной руде, при подаче БТФ 15221, выше на 1,34 г/т, чем в сравнительный период работы ОФ при стан-

дартном фабричном режиме. В связи с чем влияние испытуемого реагента на уровень извлечения золота на данном этапе исследования весьма затруднительно.

По данным второго этапа промышленных испытаний, выход свинцового концентрата составил 2,38 %; цинкового концентрата – 0,39 %. Извлечение металлов в Pb концентрат, %: Au – 78,51; Ag – 87,83; Cu – 90,31; Pb – 91,84; Zn – 14,71; в Zn концентрат: Au – 0,52; Ag – 1,68; Cu – 1,59; Pb – 0,51; Zn – 63,31. При этом удельный расход флотореагента БТФ 15221 за второй период промышленных испытаний составил 8,5 г/т.

По данным третьего этапа промышленных испытаний, выход свинцового концентрата составил 2,08 %; цинкового концентрата – 0,5 %. Извлечение металлов в Pb концентрат, %: Au – 76,55; Ag – 89,48; Cu – 88,14; Pb – 89,54; Zn – 12,82; в Zn концентрат, %: Au – 0,94; Ag – 1,72; Cu – 1,89; Pb – 0,81; Zn – 63,49. При этом удельный расход флотореагента БТФ 15221 за третий период промышленных испытаний составил 4,92 г/т.

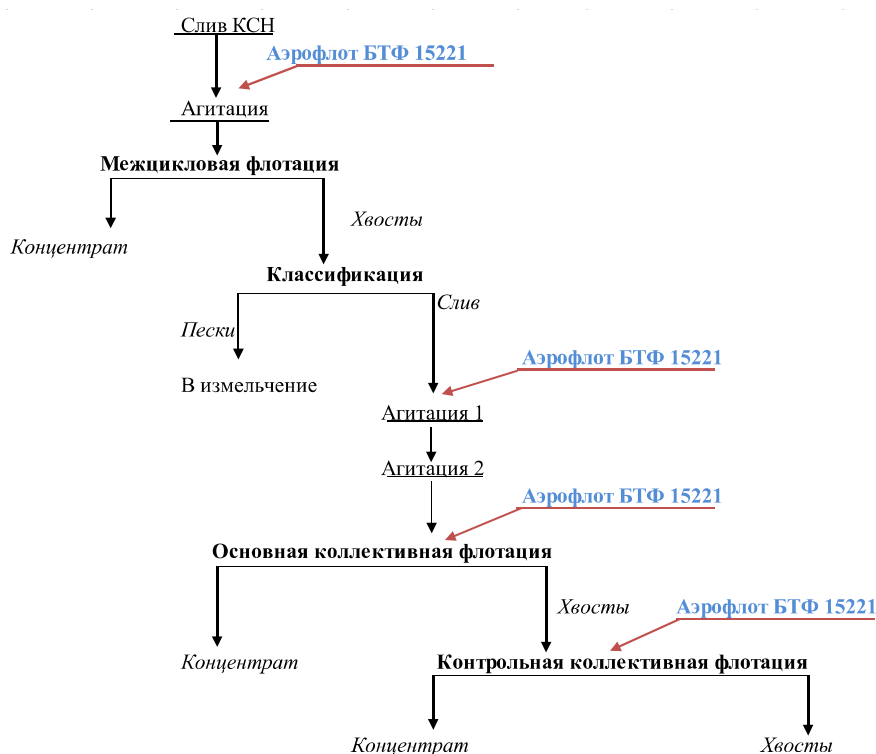


Рис. 1. Точки подачи реагента БТФ 15221 в технологической схеме на фабрике / Fig. 1. Supply points of the BTF 15221 reagent in the technological scheme at the factory

Таблица 4 / Table 4

Удельный расход основных реагентов в период промышленных испытаний, г/т /  
Specific consumption of basic reagents during industrial tests, g/t

Период / Period	Бутиловый ксантогенат калия / Butyl potassium xanthogenate	Аэрофлот БТФ / Aeroflot BTF	Сосновое масло / Pine oil
11.11.2021 - 27.11.2021	13,05	10,57	42,37
18.02.2022 - 17.03.2022	16,57	8,50	34,99
30.03.2022 - 18.04.2022	11,99	4,92	35,05
Итого/total:	14,36	7,98	37,32

Удельный расход БТФ 15221 за весь период промышленных испытаний (три этапа) составил 7,98 г/т. Наибольшее значение по удельному расходу БТФ отмечено при первом этапе испытаний и составило 10,57 г/т.

Плановый удельный расход БКК на 2022 г. – 37 г/т, фактический расход (с января по май 2022 г.) – 22,55 г/т. Применение БТФ 15221 в коллективном цикле флотационного обогащения золотосодержащий полиметаллических руд Новоширокинского месторождения позволяет снизить расход реагента собирате-

ля БКК на 36,32 %, а реагента вспенивателя соснового масла – на 4,89 % (табл. 5)

В табл. 6 и 7 указано достигнутое извлечение металлов до применения реагента Аэрофлота БТФ 15221 (в период с ноября по май 2022 г.) и с применением БТФ. Данные приведены на основании фактических технологических балансов фабрики. На основании данных, приведенных в табл. 5...7, ожидаемый экономический эффект от применения БТФ 15221 во флотационном цикле при обогащении руд Ново-Широкинского месторождения может составить 658 058\$ (табл. 8).

Таблица 5 / Table 5

Удельные нормы бутилового ксантогената калия и соснового масла /  
Specific norms of potassium butyl xanthogenate and pine oil

Период / Period	БКК / ВРХ	СМ / pine oil
	г/т/g/t	
Факт / Fact		
Данные за январь-май 2022 / Data for January-May 2022	22,55	39,24
Фактические данные фабрики с использованием БТФ / Actual factory data using BTF	14,36	37,32
Разница, % / Difference, %	36,32	4,89
План / Plan		
Данные за январь-май 2022 / Data for January-May 2022	37,00	45,00
Фактические данные фабрики с использованием БТФ / Actual factory data using BTF	14,36	37,32
Разница, % / Difference, %	61,19	17,07

Таблица 6 / Table 6

Извлечение металлов при стандартной схеме работы ОФ без использования БТФ (в период с ноября 2021 г. по май 2022 г.) / Extraction of metals under the standard scheme of operation of the OF without the use of BTF (in the period from November 2021 to May 2022)

	Выход, % / Exit, %	Извлечение, % / Extraction, %					
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
Руда / Ore	100	100	100	100	100	100	100
Pb концентрат / concentrate	2,1839	78,41	88,61	88,84	90,26	12,76	8,66
Zn концентрат / concentrate	0,4603	0,59	1,87	1,59	0,70	65,20	0,60
Хвосты / Tails	97,3558	21,00	9,53	9,58	9,04	22,04	90,74

Таблица 7 / Table 7

Извлечение металлов с применением БТФ по всем трем этапам промышленных испытаний /  
Extraction of metals using BTF during all three stages of industrial tests

Наименование / Name	Выход, % / Exit, %	Извлечение, % / Extraction, %					
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
Руда / Ore	100	100	100	100	100	100	100
Pb концентрат / concentrate	2,2441	79,36	87,85	89,23	90,88	13,40	9,05
Zn концентрат / concentrate	0,4351	0,71	1,73	1,70	0,67	62,49	0,70
Хвосты / Tails	97,3207	19,93	10,43	9,08	8,45	24,11	90,25

Таблица 8 / Table 8

Ожидаемый экономический эффект от использования БТФ как собирателя /  
Expected economic effect of using BTF as a collector

Наименование / Name	Стоимость металлов / The cost of metals	Стоимость реагентов / Cost of reagents	Итого / Total
Pb концентрат без БТФ / Pb concentrate without BTF	75791621	5452	79327479
Zn концентрат без БТФ / Zn concentrate without BTF	3611579		
Pb концентрат с БТФ / Pb concentrate with BTF	76500469	6193	79985537
Zn концентрат с БТФ / Zn concentrate with BTF	3571079		
Эффект, \$ / Effect, \$			+ 658 058

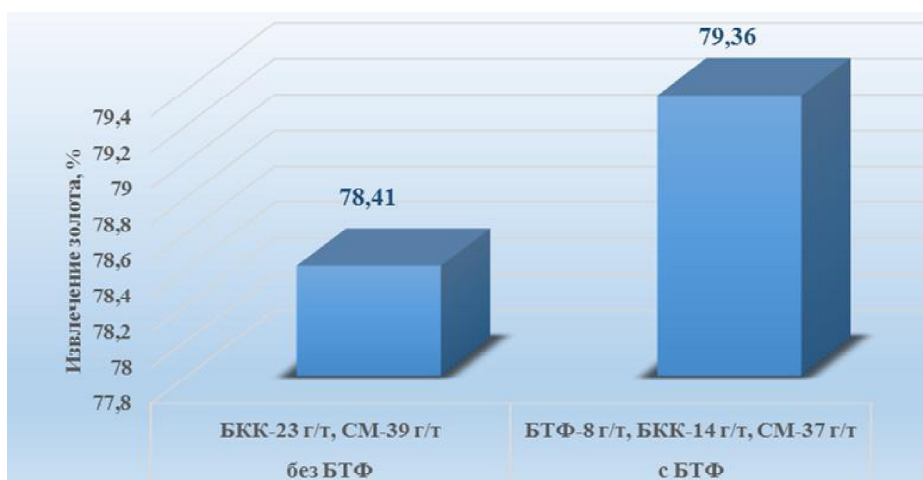


Рис. 2. Сравнительные технологические показатели извлечения золота на фабрике до и после применения БТФ / Fig.2. Comparative technological indicators of gold extraction at the factory before and after the use of BTF

**Заключение.** Результаты промышленных испытаний на Ново-Широкинской фабрике доказана целесообразность применения сочетания БКК и селективного реагента Аэрофлот БТФ 15221 в коллективном цикле флотационного обогащения руд Ново-Широкинского месторождения. Достигнутое повышение извлечения ценных компонентов при выявленном оптимальном соотношении реагентов БКК:БТФ – 2:1

(64 %:36 %), %: золота на 0,95; меди на 0,62; свинца на 0,62, при оптимальном соотношении.

Ожидаемый экономический эффект от применения сочетания собирателей БКК:БТФ, с учетом извлечения ценных компонентов в концентрат, а также с учетом снижения удельного расхода реагента собирателя и вспенивателя (соснового масла), за период применения в 2022 г., составит 658 058 \$

**Список литературы**

1. Абрамов А. А. Собрание сочинений: Т. 8. Флотация. Сульфидные минералы: учеб. пособие. М.: Горная книга, 2013. Т. 8. 712 с.
2. Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения. М.: Горная книга, 2008. 711 с.
3. Зай Яа Чжо, Чжо Чжо Пье, Копылов А. Б., Ковалев Р. А. Совершенствование реагентных режимов флотации сфалерита и пирита из месторождений колчеданных медно-инковых и полиметаллических руд // Известия ТулГУ. 2021. № 4. С. 374–388.
4. Игнаткина В. А., Бочаров В. А., Дьячков Ф. Г. Исследование собирательных свойств диизобутилового дитиофосфината при флотации сульфидных минералов из колчеданных руд // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 5. С. 138–146.
5. Комогорцев Б. В., Вареничев А. А. Применение селективных реагентов-собирателей в технологиях флотационного обогащения золотосодержащих сульфидных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12. С. 222–224.
6. Рябой В. И., Шепета Е. Д., Кротов В. П., Голиков В. В. Новые диалкилдитиофосфаты для флотации Cu, Au и серебросодержащих руд // Обогащение руд. 2014. № 1. С. 29–33.
7. Шумская Е. Н., Сизых А. С. Повышение извлечения золота из полиметаллической руды Ново-Широкинского месторождения // Горный журнал. 2014. № 11. С. 44–48.
8. Quntanar C., Palominos M. Rejection of pyrites Congress // IMPC: XXXII International Mineral Processing Congress (Santiago, Oct. 20–24, 2014). Santiago: Sheraton, 2014. P. 32–39.
9. Ryaboy V. I., Shepeta V. E., Kretov V., Golikov V. New dialkyldithiophosphates for the flotation of copper, gold and silver containing ores // IMPC: XXXII International Mineral Processing Congress. Santiago: Sheraton, 2014 P. 1–8.
10. Ryaboy V.I., Shepeta E.D., Kretov V.P., Levkovets S.E., Ryaboy I.V. Influence of the surface-active properties of reagents containing sodium dialkyldithiophosphates on the flotation of sulfides // Proceedings of XVI Balkan mineral processing congress. Serbia: Belgrade, 2015. Vol. 1. P. 321–326.

**References**

1. Abramov A. A. *Flotatsionnye metody obogascheniya* (Flotation methods of enrichment). Moscow: Gornaya kniga, 2008. 711 p.
2. Abramov A. A. *Sobranie sochineniy. Flotatsiya. Sulfidnye mineral. T. 8.* (Collected works. Flotation. Sulfide minerals. Vol. 8). Moscow: Gornaya kniga, 2013. 227 p.
3. Zai Yaa Zho, Zho Zho Pi, Kopylov A.B., Kovalev R.A. *Izvestiya TulGU* (Proceedings of Tula State University), 2021, no. 4, pp. 374–388.
4. Ignatkina V. A., Bocharov V. A., Dyachkov F. G. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh* (Physical and technical problems of mineral development), 2013, no. 5, pp. 138–146.
5. Komogortsev B.V., Varenichev A.A. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical bulletin), 2016, no. 12, pp. 222–224.
6. Ryaboy V. I., Shepeta E. D., Krotov V. P., Golikov V. V. *Obogaschenie rud* (Ore enrichment), 2014, no. 1, pp. 29–33.
7. Shumskaya E. N., Szykh A. S. *Gorny zhurnal* (Mining Journal), 2014, no. 11, pp. 44–48.
8. Quntanar C., Palominos M. IMPC 2014. Santiago: Sheraton, 2014. Pp. 32–39.
9. Ryaboy V.I., Shepeta E.D., Kretov V.P., S Levkovets.E., Ryaboy I.V. Proceedings of XVI Balkan mineral processing congress. Serbia: Belgrade, 2015. Vol. 1. Pp. 321–326.
10. Ryaboy V., Shepeta E., Kretov V., Golikov V. IMPC. Santiago: Belgrade, 2014 Pp. 1–8.

**Информация об авторе**

*Зверева Наталья Викторовна*, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: технология флотационного обогащения комплексных свинцово-цинковых руд, обогащение полезных ископаемых, комплексная переработка труднообогатимого минерального и техногенного сырья  
natalya0489@mail.ru

*Мязин Виктор Петрович*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: технология флотационного обогащения комплексных свинцово-цинковых руд, обогащение полезных ископаемых, комплексная переработка труднообогатимого минерального и техногенного сырья  
myazinvpchita@mail.ru



**Information about the author** 

---

*Natalia Zvereva*, postgraduate, Transbaikal State University, Chita, Russia. *Sphere of scientific interests*: technology of complex lead-zinc ores flotation, mineral processing, complex processing of refractory mineral and technogenic raw materials

*Viktor Myazin*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. *Sphere of scientific interests*: technology of complex lead-zinc ores flotation, mineral processing, complex processing of refractory mineral and technogenic raw materials

**Для цитирования** 

---

*Зверева Н. В., Мязин В. П. Повышение уровня извлечения золота при комбинированной переработке золотосодержащих свинцово-цинковых руд // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 28, № 10. С. 6–14. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-10-6-14.*

*N. Zvereva, Myazin V. Increasing the level of gold recovery during the combined processing of gold containing lead-zinc ores // Transbaikal state university journal, 2022, vol. 28, no. 10. pp.. 6–14. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-10-6-14.*

Статья поступила в редакцию: 21.11.2022 г.  
Статья принята к публикации: 02.12.2022 г.