

## ABSTRACT

The one of the important activities of gold mining industry is the involvement of refractory hard-to-enrich gold-containing raw materials into retreatment, as well as the tailings dams, which occupy huge areas and worsen the ecological state of the regions. The studies are aimed at re-extraction of gold out of technogenic raw materials possess not only scientific and practical, but also social and environmental significance. The pre-oxidation procedures are applied in the retreatment of raw materials, one of which is bio-oxidation of gold-containing raw materials method using *A.Ferroxidans* bio-leaching solution. This method makes it possible to intensify the process of bio-oxidation extraction of gold from gold-containing raw materials due to the deeper development of sulphides. Therefore, the studies aimed at increasing the efficiency of gold re-extraction out of technogenic raw materials are of current interest. The results of researches regarding the extraction of gold out of stale tailings of gold extraction plant Altyntau Kokshetau using *A.Ferroxidans* bio-leaching solution are performed in the article. The chemical, mineral and X-ray phase matter of sample was studied. It has been shown that the sample has a silicate base, represented by quartz, albite-anorthite mixture, muscovite and kaolinite. It has been found that the sample contains 8.49 g / t Au and 2.4 g / t Ag. The different leaching options were carried out: 1) re-grinding is followed by cyanidation; 2) cyanide leaching with preliminary sulfuric acid washing; 3) bio-oxidation using *A.Ferroxidans* bacterial solution. It has been shown that the use of preliminary bio-oxidation makes it possible to increase the gold extraction. As a result, it was found that re-extraction of gold out of the stale tailings of sorption by two-stage leaching - bacterial opening of the raw materials, and then cyanidation are the most effective one. The best indicator of gold extraction in solutions as regards the first option resulted in 62.7 % of gold, at the second option with the use of sodium chloride and the subsequent cyanidation was 79 %, and at the third option of biochemical technology with sodium cyanide was 82.8 % of gold.

**Key words:** the gold extracting plant, the stale tailings, an oxidation technology, re-extraction of gold, bacterial leaching, cyanidation, hydrometallurgy.

*Поступила 02.03.2018.*

УДК 622.765  
МРНТИ 52.45.19  
<https://doi.org/10.31643/2018/6445.3>

**Комплексное использование  
минерального сырья. № 2. 2018.**

*Д. К. ТУРЫСБЕКОВ<sup>1</sup>, Л. В. СЕМУШКИНА<sup>1,2</sup>, С. М. НАРБЕКОВА<sup>1\*</sup>, А. А. МУХАНОВА<sup>1</sup>,  
Ж. А. КАЛДЫБАЕВА<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан, \*e-mail: s.narbekova@mail.ru*

<sup>2</sup> *Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДА ВИННО-ВОДОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ РАЗДЕЛЕНИИ КОЛЛЕКТИВНОГО МЕДНО-СВИНЦОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

*Received: 17 April 2018 / Peer reviewed: 11 May 2018 / Accepted: 21 May 2018*

**Резюме:** На сегодняшний день одной из актуальных задач в области флотационного обогащения полиметаллических руд является разработка эффективных и селективных реагентов, повышающих извлечение ценных компонентов при снижении затрат на единицу готовой продукции. Из практики флотации известно, что для выделения из полиметаллических руд одноименных концентратов цветных металлов используются технологические схемы получения коллективного концентрата цветных металлов с их последующим селективным разделением на концентраты свинца, меди, цинка. Эффективность селективного разделения коллективных концентратов во многом определяется ассортиментом применяемых флотореагентов. В данной работе изучена возможность использования при селективном разделении коллективного медно-свинцового концентрата отхода вино-водочного производства АО «Бахус». С этой целью изучен состав жидкого отхода и установлено содержание в нем сульфит-ионов, что позволяет заменить сульфит натрия при селективном разделении меди и свинца по сульфитной технологии. В качестве исходного объекта для флотационного селективного разделения использована полиметаллическая руда Артемьевского месторождения с содержанием меди 1,6 %, свинца 2,6 %, цинка 7,2 %, железа 7,8 %. Схема флотации включает в себя медно-свинцовый цикл с получением коллективного медно-свинцового концентрата и цикл селекции коллективного медно-свинцового концентрата. Отход применяют в цикле селекции коллективного медно-свинцового концентрата взамен сульфита натрия. Установлено, что жидкий отход вино-водочного производства позволяет заменить базовый реагент сульфит натрия при одновременном сохранении технологических показателей флотационного обогащения и способствует снижению затрат на переработку полиметаллического сырья.

**Ключевые слова:** отход вино-водочного производства, сульфит натрия, железный купорос, селективная флотация, коллективный концентрат

**Введение.** Выделение из полиметаллических руд одноименных концентратов меди, свинца и цинка представляет весьма сложную задачу. Практика работы обогатительных фабрик, перерабатывающих свинецсодержащие полиметаллические руды, показывает, что наилучшие технологические показатели достигаются, когда данный тип руд обогащается по технологическим схемам с получением коллективных медно-свинцовых концентратов и последующей их селективной флотацией [1]. В настоящее время для разделения коллективного медно-свинцового концентрата существует несколько распространенных способов, промышленное применение среди которых нашли только цианидная и сульфитная технологии [2-3]. Безцианидные методы разделения коллективных медно-свинцовых концентратов, за исключением хромпикового, в основном связаны с применением сульфоксидов (сернистый газ, сернистая кислота, сульфит натрия и тиосульфат) в сочетании с железным, цинковым и медным купоросом и различными окислителями. Из сульфоксидных методов хорошо известным стал способ, в котором сульфит натрия применяется совместно с железным купоросом после десорбции при pH 5,6-5,8. При обогащении труднообогатимых полиметаллических руд с тонким взаимным проращением минералов известны случаи применения метода температурной обработки пульпы при подготовке коллективных медно-свинцовых концентратов к селекции [4], применения автоклавно-флотационных технологических схем разделения коллективного концентрата [5].

Известны случаи использования для подавления медных минералов: железного купороса и раствора пероксида водорода [6], биоразмерного полимера хитозана [7] с дальнейшим селективным выделением молибденита из полиметаллической медно-молибденовой руды. В работе [8] описано депрессирующее влияние амилового ксантогената и сульфида натрия на халькопирит с выделением пиритного концентрата. Известны случаи селективного разделения сфалерита и галенита с использованием в качестве депрессора пирофосфата и цитрата натрия [9], а также минерально-адаптированных штаммов [10]. За рубежом в основном практикуется прямое селективное выделение сульфидных минералов, в целях которого подбираются селективные реагенты-собиратели.

Поиск и разработка новых более селективных реагентов-собирателей, эффективных

депрессоров для подавления тех или иных сульфидных минералов является одной из актуальных задач совершенствования процесса обогащения в [11-13].

В Казахстане при обогащении полиметаллических руд наибольшее распространение нашли коллективно-селективные схемы флотации с получением коллективных концентратов с их последующей селекцией. Основная задача при этом сводится к подбору эффективных депрессоров для подавления тех или иных минералов цветных металлов. Безусловно, наиболее эффективным депрессором сульфидных минералов цветных металлов являются цианиды [14]. Однако в настоящее время ведется поиск эффективных и более экологичных реагентов-собирателей и депрессоров, позволяющих селективно выделять полезные минералы с получением высококачественных разноименных концентратов [15-17].

В ранних исследованиях [13] при разделении коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата нами предлагалось использовать совместно нагрев пульпы до 60 °С и модифицированный смесевой аэрофлот, представляющий собой смесь бутилового аэрофлота и сивушного масла в соотношении 1:3, позволяющий повысить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,5–3 %.

Цель данной работы – исследование возможности применения в процессе селективного разделения коллективного медно-свинцового концентрата отхода винно-водочного производства для замены базового реагента сульфита натрия.

**Экспериментальная часть и обсуждение результатов.** Проведены исследования по замене сульфита натрия в сульфитной технологии селективного разделения коллективного медно-свинцового концентрата на жидкий отход винно-водочного производства АО «Бахус», содержащий сульфит-ионы. Для исследований подготовлен образец жидкого отхода винно-водочного производства АО «Бахус» путем усреднения образцов из различных партий. Результаты химического анализа образца раствора показали, что в растворе содержится сульфит натрия с концентрацией 95,1 г/дм<sup>3</sup>. Результаты инфракрасного спектра образца раствора (рисунок 1) показывают полосы поглощения молекулярной воды 3393, 1649, 702 см<sup>-1</sup>, колебание карбоксильной группы аминокислот: vs(COO<sup>-</sup>) 1413 см<sup>-1</sup> и группы сульфит-иона [SO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup> 940 см<sup>-1</sup>.

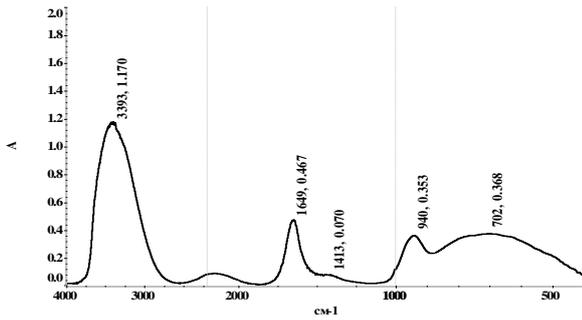


Рисунок 1 - Инфракрасный спектр образца - отхода вино-водочного производства

Данный образец раствора использован при селективном разделении медно-свинцового концентрата. Объектом флотационных исследований по изучению возможности применения отходов вино-водочного производства в качестве депрессора являлась полиметаллическая руда Артемьевского месторождения. Руду Артемьевского месторождения дробили на лабораторных щековой и валковой дробилках до крупности  $-2,5+0$  мм, затем измельчали в лабораторной шаровой мельнице до 98 % класса  $-74$  мкм.

Минералогический состав пробы руды представлен халькопиритом  $\text{CuFeS}_2$ , галенитом  $\text{PbS}$ , сфалеритом  $\text{ZnS}$ , пиритом  $\text{FeS}_2$ , кварцем  $\alpha\text{-SiO}_2$ , кальцитом  $\text{CaCO}_3$ , шамозитом  $(\text{Fe}^{+2}, \text{Mg}, \text{Fe}^{+3})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{O}, \text{OH})_8$ , плагиоклазом  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , мусковитом  $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ , каолинитом  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ , форстеритом  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ , корундом  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и гидроксидами железа в виде присыпок и примазок на зернах кварца.

Химический состав исходной руды Артемьевского месторождения следующий, в мас. %: Cu 1,6; Pb 2,6; Zn 7,2; Fe 7,84; S 11,6;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  8,1;  $\text{SiO}_2$  38,0; CaO 0,7; MgO 2,4. Содержание благородных металлов в руде составляет, в г/т: Au 0,6; Ag 58,2.

Флотационные опыты проводились на лабораторных флотационных машинах ФМЛ-1 и ФМЛ-2.

Навеска руды для опыта составляла 1000 г. Схема флотации включает в себя медно-свинцовый цикл с основной, контрольной флотацией и двумя перечистками коллективного медно-свинцового концентрата (рисунок 2) и цикл селекции коллективного медно-свинцового концентрата (рисунок 3).

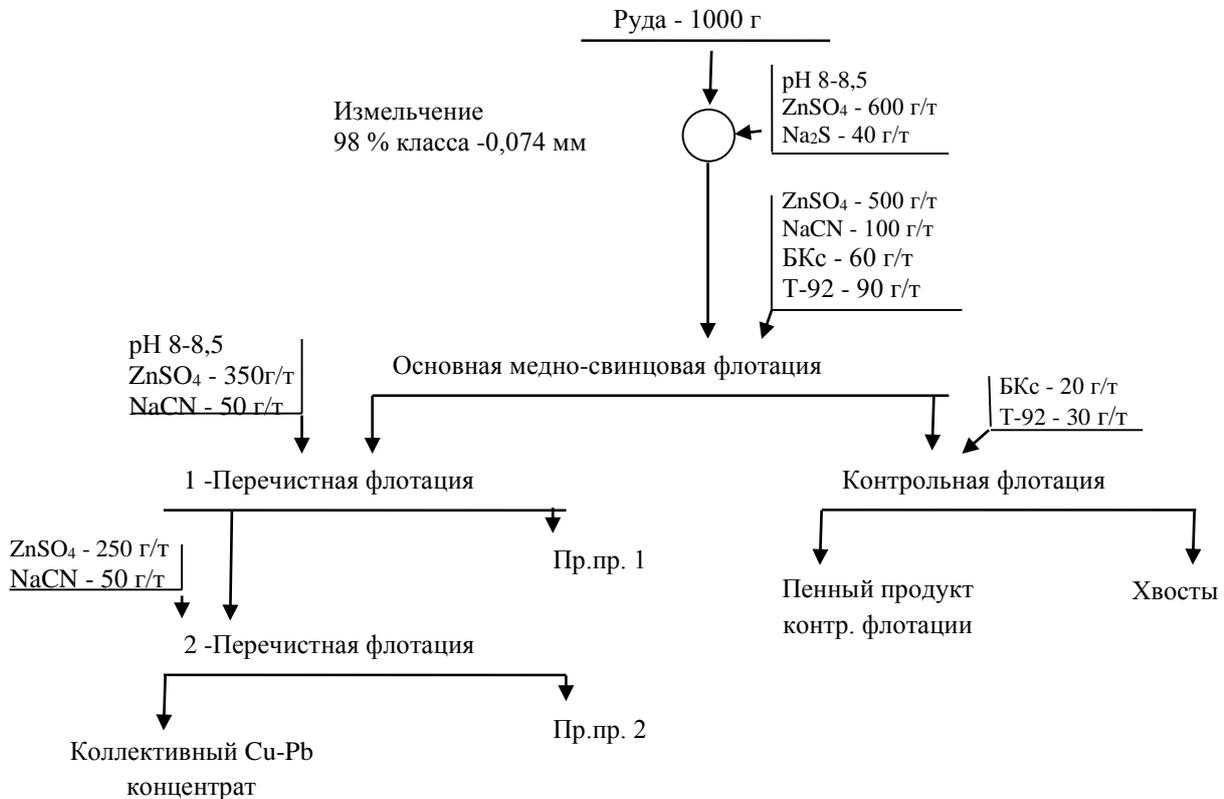


Рисунок 2 – Схема и реагентный режим коллективной медно-свинцовой флотации руды Артемьевского месторождения

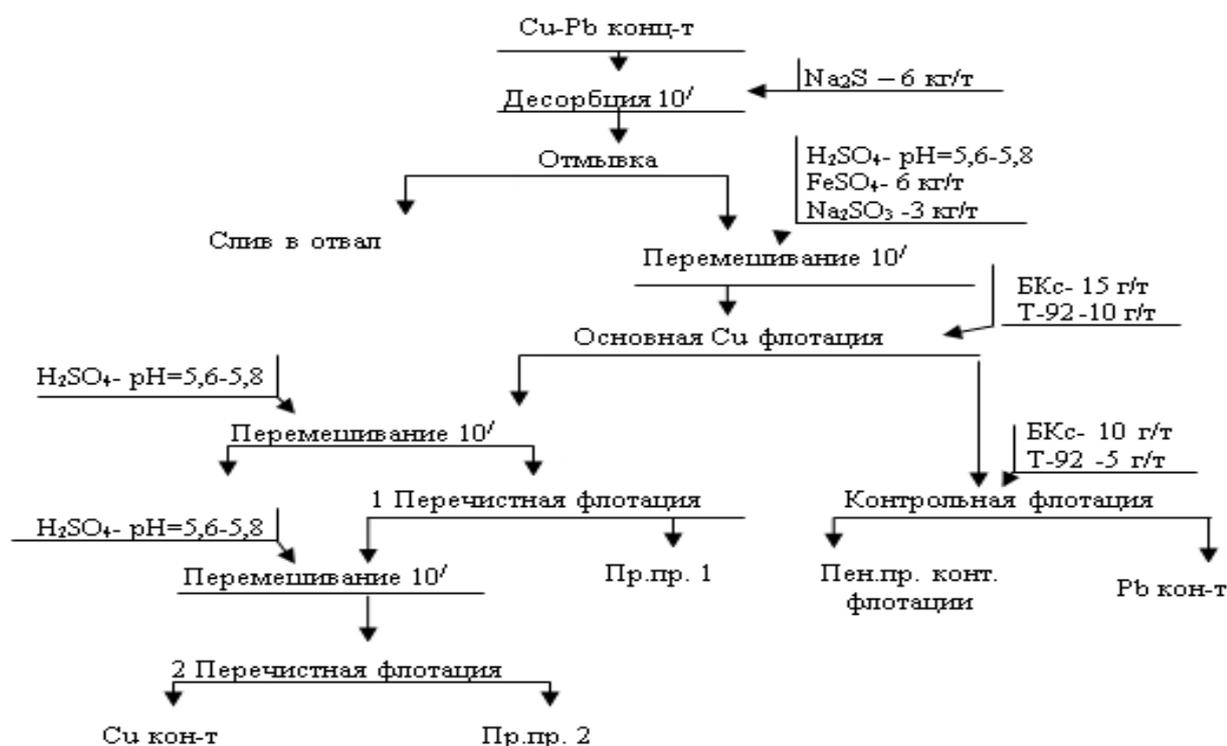


Рисунок 3 – Схема и реагентный режим разделения коллективного медно-свинцового концентрата с применением сульфитной технологии

В процесс измельчения подавали: соду для создания оптимального рН среды; сульфид натрия – для сульфидизации минералов; цинковый купорос – для депрессии цинковых минералов.

В основной коллективной медно-свинцовой флотации использовали следующие реагенты: в качестве депрессоров сульфидных минералов цинка и железа – цинковый купорос и цианид натрия; собирателя – бутиловый ксантогенат натрия; вспенивателя – Т-92.

Для получения более качественного коллективного концентрата, т.е. для очистки его от минералов цинка и железа в перечистные операции дополнительно подавали цинковый купорос и цианид натрия. Перечистные операции проводили при рН 8-8,5. В контрольную операцию подавали собиратель и вспениватель для доизвлечения свинцовых и медных минералов. В результате медно-свинцового цикла получен коллективный концентрат с содержанием меди 12,9 %, свинца 25,1 %, цинка 10,21 %, железа 15,38 %.

Далее на полученном в лабораторных условиях коллективном медно-свинцовом концентрате были проведены опыты по селективности медного и свинцового концентратов по сульфитной технологии с применением базового сульфита натрия и жидкого отхода АО «Бахус»,

содержащего 95,1 г/дм<sup>3</sup> сульфит-ионов. Второй цикл селекции коллективного медно-свинцового концентрата включает в себя основную медную флотацию, две перечистки и контрольную флотацию.

Перед селективной флотацией проводилась агитация коллективного медно-свинцового концентрата в течение 10 мин. в присутствии сернистого натрия (6 кг/т) для десорбции ранее примененных реагентов. Агитация проводилась в лабораторной мешалке. После десорбции проводилась отмывка коллективного концентрата.

Коллективный концентрат далее подвергался обработке серной кислотой при узком рН 5,6-5,8 с применением железного купороса и сульфита натрия в течение 10 мин. Расход сульфита натрия составлял 3 кг/т, расход железного купороса - 6 кг/т. Перечистные операции проводились без использования реагентов. Все операции второго селективного цикла проводились в узком рН 5,6-5,8. Для сравнения с базовыми реагентами проводили селективную флотацию с жидким отходом при расходе, аналогичным базовому режиму: 6 кг/т железного купороса и 3 кг/т в пересчете на основное вещество сульфита натрия в растворе АО «Бахус». Результаты опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты селекции коллективного медно-свинцового концентрата по сульфитной технологии

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %				Примечание
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe	
Сu концентрат	42,8	<b>25,3</b>	10,8	8,9	21,4	<b>87,4</b>	18,1	36,5	62,5	Базовый сульфит натрия
Пром. прод. 2	6,1	7,7	22,6	11,9	11,95	3,8	5,4	7,0	5,0	
Пром. прод. 1	11,7	3,2	30,1	13,8	9,6	3,0	13,8	15,5	7,7	
Пен.контр. фл.	4,5	6,6	32,05	13,6	9,6	2,4	5,7	5,9	2,9	
Pb концентрат	34,9	1,2	<b>41,6</b>	10,5	9,2	3,4	<b>57,0</b>	35,1	21,9	
Исх. кол. к-т	100	12,39	25,48	10,43	14,65	100	100	100	100	
Сu концентрат	43	<b>25,6</b>	11	9,1	23,5	<b>87,8</b>	18,7	38,4	65,9	Жидкий отход винно-водочного производства АО «Бахус»
Пром. прод. 2	7,2	6,8	23,1	12,3	9,5	3,9	6,6	8,7	4,5	
Пром. прод. 1	10,4	2,9	29,8	13,1	10,7	2,4	12,2	13,4	7,3	
Пен.контр. фл.	3,9	7,1	31,9	14	9,1	2,2	4,9	5,4	2,3	
Pb концентрат	35,5	1,3	<b>41,1</b>	9,8	8,7	3,7	<b>57,6</b>	34,2	20,1	
Исх. кол. к-т	100	12,54	25,33	10,19	15,35	100	100	100	100	

Таблица 2 – Результаты селекции коллективного медно-свинцового концентрата по сульфитной технологии в замкнутом цикле

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %				Примечание
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe	
Сu концентрат	49,0	<b>24,8</b>	7,9	8,3	22,8	<b>93,34</b>	15,31	40,12	71,57	Базовый сульфит натрия
Pb концентрат	51,0	1,7	<b>42,0</b>	11,9	8,7	6,66	<b>84,69</b>	59,88	28,43	
Исх. кол. к-т	100,0	13,02	25,29	10,14	15,61	100,0	100,0	100,0	100,0	
Сu концентрат	49,9	<b>25,0</b>	7,8	8,5	23,0	<b>93,96</b>	15,64	41,37	72,02	Жидкий отход винно-водочного производства
Pb концентрат	50,1	1,6	<b>41,9</b>	12,0	8,9	6,04	<b>84,36</b>	58,63	27,98	
Исх. кол. к-т	100,0	13,28	24,88	10,25	15,94	100,0	100,0	100,0	100,0	

В результате селекции по базовой сульфитной технологии был получен медный концентрат с содержанием меди 25,3 %, свинца – 10,8 % при извлечении меди и свинца, соответственно 87,4 и 18,1 % и свинцовый концентрат с содержанием свинца – 41,6 %, меди 1,2 % при извлечении свинца и меди, соответственно 57,0 и 3,4 %. При применении жидкого отхода АО «Бахус» получены результаты, аналогичные по технологическим показателям базовой технологии: медный концентрат с содержанием меди 25,6 %, свинца – 11,0 % при извлечении меди и свинца, соответственно 87,8 и 18,7 % и свинцовый концентрат с содержанием свинца – 41,1 %, меди 1,3 % при извлечении свинца и меди, соответственно 57,6 и 3,7 %.

Проведены опыты по селекции в замкнутом цикле, результаты которых приведены в таблице 2. В замкнутом цикле по базовой технологии получен медный концентрат с содержанием меди 24,8 %, свинца 7,9 % при извлечении меди и свинца, соответственно 93,34 % и 15,31 % и свинцовый концентрат с содержанием свинца 42,0 %, меди 1,7 % при извлечении свинца и меди, соответственно

84,69 % и 6,66 %. С жидким отходом винно-водочного производства получен аналогичный результат: медный концентрат с содержанием меди 25,0 %, свинца 7,8 % при извлечении меди и свинца, соответственно 93,96 % и 15,64 % и свинцовый концентрат с содержанием свинца 41,9 %, меди 1,6 % при извлечении свинца и меди, соответственно 57,6 % и 3,7 %. При этом расход использованного жидкого отхода АО «Бахус» составил 3 кг/т, как при базовом режиме.

Исследования показали, что отход винно-водочного производства позволяет заменить базовый реагент сульфит натрия при селективной флотации медно-свинцового концентрата.

Предлагаемая в данной работе технология обогащения полиметаллической руды близка к технологии, распространенной на фабриках Японии [18], включающей коллективно-селективную схему флотации с получением коллективного концентрата с последующей селекцией. При селективной флотации из коллективного концентрата последовательно выделяют сначала медный, затем свинцовый концентрат. В медном цикле селективной флотации на фабриках Японии для депрессии

других сульфидов используются сульфоксиды, в основном сернистый газ, совместно с цинковым купоросом при pH 5,8-6,0 [18]. Мы предлагаем использовать в качестве сульфоксидов жидкий отход вино-водочного производства. Как показали исследования, использование отхода позволяет получить приемлемые технологические показатели флотационного обогащения полиметаллических руд и при этом снизить производственные расходы. Кроме того, решается вопрос утилизации отхода вино-водочного производства.

**Выводы.** Таким образом, на основе комплекса исследований установлена возможность применения жидкого отхода вино-водочного производства в качестве депрессора, позволяющего заменить сульфит натрия в сульфитной технологии флотационного разделения коллективного медно-свинцового концентрата. При использовании отхода в процессе обогащения руды Артемьевского месторождения технологические показатели флотации аналогичны полученным с использованием сульфита натрия, что значительно снижает затраты на переработку полиметаллического сырья.

*Работа выполнена при финансовой поддержке КН МОН РК по гранту AP05132112 «Разработка технологии переработки труднообогатимого полиметаллического сырья с применением экологически безопасных реагентов».*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Полькин С.И., Адамов Э.В. Обогащение руд цветных металлов. – М: Недра, 1983. – 400 с.
- 2 Кошербаев К. Т. Технология селективной флотации минералов из коллективных сульфидных концентратов // Труды КазПТИ, вып. 2. Металлургия и металловедение. – Алматы, 1975. – С. 114–119.
- 3 Бакинов К.Г. Исследование устойчивости системы Fe<sup>2+</sup>-SO<sub>2</sub>-3, применяемый для селекции сульфидов // Цветные металлы. – 1974. – №7. – С. 93–96.
- 4 Видуецкий М. Г., Кораблёва Л. В., Ставский Г. Г. К вопросу разделения медно-свинцовых концентратов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т. 15. – № 12. – С. 294–300.
- 5 Кочин В. А., Набойченко С. С., Лебедь А. Б., Мальцев Г. И. Автоклавно-флотационная схема переработки Cu–Pb–Zn концентратов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; [электронный ресурс] URL: <http://www.science-education.ru/108-8940>
- 6 G. Pandhe, W. Suyantaraa, T. Hirajimaa, H. Mikia, K. Sasaki, M. Yamaneb, E. Takidab, S. Kuro-iwab, Y.

Imaizumi Selective flotation of chalcopyrite and molybdenite using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation method with the addition of ferrous sulfate. // Minerals Engineering. – 2018. – V. 122. – P. 312–326.

7 M. Li, D. Wei, Q. Liu, W. Liu, J. Zheng, H. Sun Flotation separation of copper–molybdenum sulfides using chitosan as a selective depressant. // Minerals Engineering. – 2015. – V. 83. – P. 217–222.

8 Z. Cao, X. Chen, Y. Peng. The role of sodium sulfide in the flotation of pyrite depressed in chalcopyrite flotation. // Minerals Engineering. – 2018. – V. 119. – P. 93–98.

9 J. Li, K. Song, D. Liu, X. Zhang, S. Wen Hydrolyzation and adsorption behaviors of SPH and SCT used as combined depressants in the selective flotation of galena from sphalerite. // Journal of Molecular Liquids. – 2017. – V. 231. – P. 485–490.

10 B. Vasanthakumar, H. Ravishankar, S. Subramanian Selective bio-flotation of sphalerite from galena using mineral – adapted strains of Bacillus subtilis. // Minerals Engineering. – 2017. – V. 110 – P. 179–184.

11 Тусупбаев Н. К., Калугин С. Н., Тусупбаев С. Н., Семушкина Л. В., Турысбеков Д. К., Муханова А. А., Мухамедилова А. М. Применение модифицированных реагентов для усовершенствования технологии флотационного обогащения тонковкрапленных полиметаллических руд // Комплексное использование минерального сырья. – 2013. – № 4. – С. 19–24.

12 Ефремова С. В., Бунчук Л. В., Ли Э. М., Ниязов А. А., Сухарников Ю. И. Полупромышленные испытания флотореагента из рисовой шелухи в качестве собирателя // Комплексное использование минерального сырья. – 2017. – № 4. – С. 5–11.

13 Тусупбаев Н. К., Бектурганов Н. С., Турысбеков Д. К., Семушкина Л. В., Муханова А. А. Усовершенствование технологии селекции коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата // Обогащение руд. – 2013. – № 6. – С. 12–17.

14 B. Guo, Y. Peng, R. Espinosa-Gomez. Cyanide chemistry and its effect on mineral flotation. // Minerals Engineering. – 2014. – V. 66-68, – P. 25–32.

15 Николаев А. А., Со Ту., Горячев Б. Е. Критерий селективности действия собирателя в коллективно-селективных циклах флотации сульфидных руд // Обогащение руд. – 2016. – № 4. – С. 23–28. DOI 10.17580/or.2016.04.04.

16 Игнаткина В. А., Бочаров В. А., Милович Ф. О., Иванова П. Г., Хачатрян Л. С. Селективное повышение флотоактивности сульфидных цветных металлов с использованием сочетаний сульфидрильных собирателей // Обогащение руд. – 2015. – № 3. – С. 18–23. DOI 10.17580/or.2015.03.03.

17 Jiang M. G., Liu Q. J., Xiao H., Yang J. L. Re-search on Separation of Copper-Lead Mixed Concentrate // Advanced Materials Research. – 2012. – V. 581–582. – P. 1096–1101.

18 Глазунов Л.А., Томова И.С. Особенности обогащения полиметаллических руд Японии. – М.: Цветметинформация. – 1976. – 57 с.

#### REFERENCES

- 1 Pol'kin S. I., Adamov E. H. V. *Obogashchenie rud cvetnykh metallov* (Beneficiation of non-ferrous met-als). Moscow: Nedra. **1983**, 400. (in Russ.).
- 2 Kosherbaev K. T. *Tekhnologiya selektivnoy flo-tatsii mineralov iz kollektivnykh sulfidnykh kontsentra-tov: Trudy KazPTI* (Technology of the selection flotation of minerals from collective sulphidic concentrates: Works of the Kazakh

polytechnical Institute). vyp.2. Metallurgiya i metallovedenie (release 2, Metallurgy and metallurgical science). Almaty, Kazakhstan, **1975**. 114–119. (in Russ.).

3 Bakinov K. G. *Issledovanie ustojchivosti sistemy Fe<sup>2+</sup>-SO<sub>2</sub>-3, primenyaemyj dlya selektsii sul'fidov* (Research of stability of the Fe<sup>2+</sup>-SO<sub>2</sub>-3 system, applied to selection of sulfides). *Tsvetnye metally = Non-ferrous metals*. **1974**. 7, 93–96 (in Russ.).

4 Vidueckij M.G., Korableva L.V., Stavskij G.G. *K voprosu razdeleniya medno-svintsovykh kontsentratorov* (Separation of copper-lead concentrates). *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal) = Mining informational and analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. **2009**. 15. 12. 294–300. (in Russ.).

5 Kochin V. A., Nabojchenko S. S., Lebed' A. B., Mal'tsev G.I. *Avtoklavno-flotatsionnaya skhema pererabotki Cu–Pb–Zn kontsentratorov* (Pressure leaching–flotation method processing Cu–Pb–Zn concentrates). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* (Modern problems of science and education). **2013**. 2. [Ehlek-tronnyj resurs] URL: <http://www.scienceeducation.ru/108-8940>. (in Russ.).

6 Pandhe G, Suyantara W., Hirajimaa T., Mikia H., Sasaki K., Yamaneb M., Takidab E., Kuroiwab S.Y. Imaizumi Selective flotation of chalcopyrite and molybdenite using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation method with the addition of ferrous sulfate. *Minerals Engineering*. **2018**. 122. 312–326. (in Eng).

7 M. Li, D. Wei, Q. Liu, W. Liu, J. Zheng, H. Sun Flotation separation of copper–molybdenum sulfides using chitosan as a selective depressant. *Minerals Engineering*. **2015**. 83, 217–222. (in Eng).

8 Z. Cao, X. Chen, Y. Peng. The role of sodium sulfide in the flotation of pyrite depressed in chalcopyrite flotation. *Minerals Engineering*. **2018**. 119. 93–98. (in Eng).

9 J. Li, K. Song, D. Liu, X. Zhang, S. Wen Hydro-lyzation and adsorption behaviors of SPH and SCT used as combined depressants in the selective flotation of galena from sphalerite. *Journal of Molecular Liquids*. **2017**. 231. 485–490. (in Eng).

10 B. Vasanthakumar, H. Ravishankar, S. Subramanian Selective bio-flotation of sphalerite from galena using mineral – adapted strains of Bacillus subtilis. *Minerals Engineering*. **2017**. 110. 179–184.

11 Tusupbaev N. K., Kalugin S. N., Tusupbaev S. N., Semushkina L. V., Turysbekov D. K., Mukhanova A. A.,

Mukhamedilova A. M. *Primenenie modifitsirovannykh reagentov dlya usovershenstvovaniya tekhnologii flotatsionnogo obogashcheniya tonkovkraplennykh polimetallicheskikh rud* (Use of the modified reagents for improvement of technology of flotation enrichment the thin-grained polymetallic ores). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources*. **2013**. 4, 19–24 (in Russ.).

12 Efremova S. V., Bunchuk L. V., Li EH. M., Niyazov A. A., Suharnikov YU. I. *Polupromyshlennye ispytaniya flotoreagenta iz risovoj shelukhi v kachestve sobiratelya* (The semi-production tests of a flotation agent from a rice peel as the collector). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources*. **2017**. 4, 5–11 (in Russ.).

13 Tusupbaev N. K., Bekturganov N. S., Turysbekov D. K., Semushkina L. V., Muhanova A. A. *Usovershenstvovanie tekhnologii selektsii kollektivnogo medno-svintsovo-tsinkovogo kontsentrata* (Improvement of technology of selection of a collective copper-zinc-lead concentrate). *Obogashchenie rud = Ore beneficiation*. **2013**. 6, 12–17. (in Russ.).

14 B. Guo, Y. Peng, R. Espinosa-Gomez. Cyanide chemistry and its effect on mineral flotation. // *Minerals Engineering*. **2014**. 66-68. 25–32. (in Eng).

15 Nikolaev A. A., So Tu, Goryachev B. E. *Kriterij selektivnosti dejstviya sobiratelya v kollektivno-selektivnykh tsiklakh flotatsii sul'fidnykh rud* (Criterion of collector's selectivity in sulfide ores bulk-selective flotation circuits). *Obogashchenie rud = Ore beneficiation*. **2016**. 4, 23–28. DOI 10.17580/or.2016.04.04. (in Russ.).

16 Ignatkina V. A., Bocharov V. A., Milovich F. O., Ivanova P. G., Hachatryan L. S. *Selektivnoe pov-yshenie flotoaktivnosti sul'fidnykh tsvetnykh metallov s ispol'zovaniem sochetanij sul'fidril'nykh sobiratelej* (The selection increase in flotation activity of sulphidic nonferrous metals with use of combinations of sulfhy-dryl collectors). *Obogashchenie rud = Ore beneficiation*. **2015**. 3, 18–23. DOI 10.17580/or.2015.03.03 (in Russ.).

17 Jiang M.G., Liu Q.J., Xiao H., Yang J.L. Re-search on Separation of Copper-Lead Mixed Concentrate. *Advanced Materials Research*. **2012**. 581–582. 1096–1101. (in Eng).

18 Glazunov L.A., Tomova I.S. *Osobennosti obogashcheniya polimetallicheskikh rud Yaponii* (Features of enrichment of polymetallic ores of Japan).- M.: Tsvetmetinformatsiya. **1976**. 57. (in Russ.).

## ТҮЙІНДЕМЕ

Бүгінгі таңдағы өзекті мәселердің біріне, көпметалды кендерді флотациялық өңдеу саласында тиімді және таңдамалы реагенттер іздестіру, өңдеу және бағалы компоненттердің бөліп алу дәрежесін анағұрлым жоғарлатып, дайын өнімдердің шығындарын төмендету болып саналады. Көпметалды кендердегі түсті металдардан аттас концентраттарды бөліп алуда, флотациялық тәжірибе жүзінде белгілі, технологиялық сұлбалар қолданылады. Демек, түсті металл кендерінен бірікті концентраттарды ала отырып, арықарай таңдамалы бөлу арқылы мыс, қорғасын, мырыш концентраттары алынады. Бірікті концентраттардан таңдамалы бөліп алудың тиімділігі көп жағдайда, қолданылатын флотореагенттердың саналуандығына байланысты. Бұл жұмыста, бірікті мыс-қорғасын концентратын таңдамалы бөліп алуда, «Бахус» АҚ арақ-шарап өндірісінің қалдығын қолданудағы мүмкіндіктері қарастырылды. Осы мақсатпен, сұйық қалдықтың құрамы және ондағы сульфит-ионның үлесі зерттелінді, яғни, сульфитті технологиядағы мыс-қорғасын концентратын таңдамалы бөлуде натрий сульфитінің орнын толығымен алмастыра алатындығы анықталды. Флотациялық таңдамалы бөліп алу үшін, Артем кенорнындағы көпметалды кендер қолданылды, ондағы: мыстың үлесі 1,6 %, қорғасын - 2,6 %, мырыш - 7,2 %, темір - 7,8 % құрайды. Флотациялық сұлбада, мыс-қорғасын циклінен бірікті мыс-қорғасын концентратын алу және арықарай таңдамалау циклі енгізілді. Бірікті мыс-қорғасын концентратын таңдамалы бөлгенде, натрий сульфиті орнына арақ-шарап өндірісінің қалдығы қолданылды. Демек, арақ-шарап өндірісінің қалдығынан алынған - сұйық қалдық, базалық реагент сульфит натрийдің орнын баса отырып, флотациялық байытудың технологиялық көрсеткіштерін сақтай отырып көпметалды шикізаттарды өңдеудегі шығындарды төмендетеді.

**Түйін сөздер:** арақ-шарап өндірісінің қалдығы, натрий сульфиті, темір сульфаты, таңдамалы флотация, бірікті концентраттар.

**ABSTRACT**

Currently one of the priority objectives in the field of flotation retreatment of complex ores are exploration and the development of effective and selective chemical reagents in order to increase an extraction of valuable components and expenses reduction per output unit. Practical experience of flotation shows that the process diagrams of receiving a collective concentrate of non-ferrous metals with their further selective separation to obtain a lead, copper, zinc concentrate are applied to extract the non-ferrous metals concentrates out of complex ores. The efficiency of selective separation of collective concentrates depends on the range of flotation reagents in many respects. The paper includes the studies of a collective copper-lead concentrate applicability of alcohol waste from «Bacchus» JSC under selective separation. A liquid waste compound was studied for the purpose and sulfite ions content was established that allows replacing sodium sulfite at selective separation of copper and lead by sulfite technology. A complex ore of Artemjevsky deposit was used as an initial matter at the selective flotation separation; the ore contains copper 1.6 %, lead 2.6%, zinc, 7.2 %, iron 7.8 %. The flotation circuit includes a copper-lead cycle with the receiving of a collective copper-lead concentrate and a selection cycle for collective copper-lead concentrate. The waste is used instead of sodium sulfite in the cycle of selection of collective copper-lead concentrate. The liquid waste of alcohol production allows replacing the basic reagent sodium sulfite, at simultaneous keeping of technological parameters of floatation enrichment and contributes expenses reduction for complex raw materials retreatment.

**Keywords:** alcohol production waste, sodium sulfite, ferrous sulfate, selective flotation, collective concentrate.

*Поступила 17..04.2018.*