

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

## МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции  
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,  
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі  
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,  
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері  
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған  
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»  
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

**МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научно-практической конференции  
«Эффективные технологии производства цветных, редких и  
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической  
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,  
члена-корреспондента Академии наук РК,  
лауреата Государственной премии Республики Казахстан  
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

**PROCEEDINGS**

**of International scientific and practical conference  
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,  
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy  
science and industry concerns and in memory of well-known scientist  
of metallurgy, Associate Member of the National Academy  
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the  
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

**Алматы 2018**

**УДК 669**  
**ББК 34.3**  
**Э94**

**Ответственный редактор:** д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

**Жауапты редактор:** т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

**Редакционный совет:** д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

**Редакциялық алқа:** т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

**«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»:** Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

**«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»:** Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

**ISBN 978-601-323-132-7**

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

**УДК 669**  
**ББК 34.3**

**ISBN 978-601-323-132-7**

© АО «ИМиО», 2018

# РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ БЫВШЕГО РУДНИКА ЖАМБЫЛ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.02>

**\*Шаутенов М.Р.<sup>1</sup>, Морозов Ю.П.<sup>2</sup>, Шевченко А.С.<sup>3</sup>**

ORCID: 0000-0002-0266-3882 0000-0003-0554-5176 0000-0001-6483-8791

<sup>1</sup>НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан, \*shautenov\_m@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия;

<sup>3</sup>ООО НПП «Обогащение полезных ископаемых», г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** *Приведены результаты изучения физико-химических свойств и распределения металлов по классам крупности вольфрамсодержащих хвостов. Проведены исследования обогатимости хвостов гравитационными, флотационными методами. Показано, что для предварительного обогащения целесообразно использовать метод циркуляционной концентрации. На концентрате предварительного обогащения исследованы методы сульфидной флотации, молибденовой флотации коллективного концентрата, оловянной флотации камерного продукта сульфидной флотации, турбулизационной центробежной сепарации продуктов оловянной флотации. Предложена технологическая схема комбинированного обогащения вольфрамсодержащих хвостов, позволяющая получить кондиционные вольфрамовый, молибденовый, медный концентраты и оловянный промпродукт.*

Слабое использование ресурсосберегающих технологий приводит к большим потерям полезных ископаемых при добыче и обогащении минерального сырья.

В последние годы большое внимание уделяется вовлечению в переработку техногенных продуктов, в том числе хвостов обогащения обогатительных фабрик. Однако, сложный химический, минералогический и гранулометрический состав хвостов, а также широкий набор содержащихся в них полезных компонентов требует адаптации известных методов обогащения и разработки новых способов, аппаратов и режимов обогащения.

Нами проведены исследования возможности вовлечения в переработку вольфрамсодержащих хвостов обогащения руды месторождения «Кара-Оба».

Изучение физико-химических свойств и распределения металлов по классам крупности в пробе хвостов показало, что в пробе содержится 0,16 % WO<sub>3</sub>, 0,09 % Mo, 0,16 % Cu, 0,13 % Sn. Массовая доля металлов в классах крупности возрастает с уменьшением крупности зёрен.

В лабораторных условиях проведены исследования обогатимости хвостов гравитационными и флотационными методами.

Для предварительного обогащения хвостов исследованы возможности обогащения на концентрационном столе, на винтовом сепараторе и циркуляционном модуле.

Сравнительный анализ показал, что лучшие результаты предварительного обогащения достигнуты при обогащении методом циркуляционной концентрации. Показатели циркуляционной концентрации в оптимальном режиме приведены в таблице 1.

На концентрате предварительного гравитационного обогащения выполнена сульфидная флотация измельченного концентрата. Флотацию проводили с применением бутилового ксантогената и вспенивателя Т-92 в нейтральной среде. Крупность измельченного материала изменялась от 30 до 90 % класса минус 0,071 мм, массовая

доля твердого в питании составляла от 20 до 30 %, расход ксантогената - от 500 до 3000 г/т, время флотации - от 5 до 10 мин.

Показатели сульфидной флотации в оптимальном режиме приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Показатели предварительного обогащения хвостов в циркуляционном модуле

Показатели, %	Компоненты	
	WO <sub>3</sub>	Sn
Массовая доля	9,7	1,95
Извлечение	83,5	82,5

Таблица 2 – Показатели сульфидной флотации концентрата предварительного обогащения

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %				Извлечение, %			
		WO <sub>3</sub>	Mo	Cu	Sn	WO <sub>3</sub>	Mo	Cu	Sn
Пенный	65,93	0,62	0,72	0,96	0,11	4,19	92,65	90,75	3,73
Камерный	34,07	27,45	0,11	0,19	5,51	95,81	7,35	9,25	96,27
Исходный	100,00	9,76	0,51	0,70	1,95	100,00	100,00	100,00	100,00

Установлено, что потери WO<sub>3</sub> с пенным продуктом составляют 4,19 %, а потери олова – 3,73 %. При этом получается пенный продукт с массовой долей Mo 0,72 %, Cu – 0,96 % при извлечении этих металлов соответственно 92,65 % и 90,75 %.

Коллективный медно-молибденовый концентрат подвергнут молибденовой флотации с получением в пенном продукте молибденового концентрата с массовой долей Mo 50,5 % и получением в камерном продукте медного концентрата с массовой долей меди 18,3 %.

Хвосты коллективной сульфидной флотации подвергнуты оловянной флотации. Максимально достигнутые показатели оловянной флотации приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели оловянной флотации камерного продукта сульфидной флотации

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %		Извлечение, %	
		WO <sub>3</sub>	Sn	WO <sub>3</sub>	Sn
Пенный	49,19	2,28	11,16	4,08	99,63
Камерный	50,81	51,82	0,04	95,92	0,37
Исходный	100,00	27,45	5,51	100,00	100,00

В результате оловянной флотации получен пенный продукт с массовой долей олова 11,16 % при извлечении в него олова 99,63 % и камерный продукт с массовой долей WO<sub>3</sub> 51,82 % при извлечении в него WO<sub>3</sub> 95 – 92 %, массовая доля олова в камерном продукте составила 0,04 %. Пенный и камерный продукты флотации подвергнуты гравитационному обогащению методом турбулизационной центробежной сепарации.

Результаты центробежной сепарации пенного продукта приведены в таблице 4.

Из пенного продукта оловянной флотации получен оловянный концентрат с массовой долей олова 54,1 % при извлечении в него олова от операции 62,2 %.

Результаты центробежной сепарации камерного продукта оловянной флотации приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Результаты центробежной сепарации пенного продукта оловянной флотации

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %		Извлечение, %	
		Sn	WO <sub>3</sub>	Sn	WO <sub>3</sub>
Тяжелая фракция	12,83	54,10	9,52	62,20	53,57
Легкая фракция	87,13	4,84	1,21	37,80	46,43
Исходный	100,00	11,16	2,28	100,00	100,00

Таблица 5 – Результаты центробежной сепарации камерного продукта оловянной флотации

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %		Извлечение, %	
		WO <sub>3</sub>	Sn	WO <sub>3</sub>	Sn
Тяжелая фракция	71,91	66,80	0,07	92,70	83,89
Легкая фракция	28,09	13,47	0,03	7,30	16,11
Исходный	100,00	51,82	0,06	100,00	100,00

Из камерного продукта оловянной флотации получен вольфрамовый концентрат с массовой долей WO<sub>3</sub> 66,8 % при извлечении в него окиси вольфрама 92,7 % от операции.

На основании проведенных исследований предложена технологическая схема, включающая циркуляционную концентрацию, сульфидную флотоклассификацию и флотацию, оловянную флотацию и центробежную сепарацию продуктов оловянной флотации.

Баланс по конечным продуктам схемы переработки хвостов приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Баланс по конечным продуктам схемы переработки хвостов

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %		Извлечение, %	
		WO <sub>3</sub>	Sn	WO <sub>3</sub>	Sn
Коллективный сульфидный продукт	0,90	0,62	0,11	3,49	3,30
Оловянный концентрат	0,03	9,52	54,1	1,78	54,10
Вольфрамовый концентрат	0,18	66,80	0,07	75,15	0,42
Хвосты	98,89	0,03	0,01	19,59	42,18
Исходные хвосты	100,00	0,16	0,03	100,00	100,00

Экспериментальными исследованиями и расчетами показано, что в результате переработки хвостов обогащения руды месторождения Кара-Оба возможно получение кондиционных вольфрамового, молибденового и медного концентратов и оловянного промпродукта.

# DEVELOPMENT OF A COMBINED TECHNOLOGY FOR THE PROCESSING OF TUNGSTEN-CONTAINING TAILINGS OF THE FORMER ZHAMBYL MINE

\*Shautenov M.R.<sup>1</sup>, Morozov Yu.P.<sup>2</sup>, Shevchenko A.S.<sup>3</sup>

ORCID: 0000-0002-0266-3882 0000-0003-0554-5176 0000-0001-6483-8791

<sup>1</sup>“Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev”,

Almaty, Kazakhstan, \*shautenov\_m@mail.ru;

<sup>2</sup>“Ural State Mining University”, Ekaterinburg, Russia;

<sup>3</sup>“Mineral dressing”, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** *The article presents the results of studying physical and chemical properties and the distribution of metals in terms of the fineness classes of tungsten-containing tailings. Conducted studies of tailings enrichment by gravitational, flotation methods. It is shown that it is expedient to use the method of circulating concentration for preliminary enrichment.*

*The methods of sulphide flotation, molybdenum flotation of collective concentrate, tin flotation of the chamber product of sulfide flotation, and turbulization centrifugal separation of tin flotation products have been studied on the concentrate of preliminary enrichment.*

*A technological scheme of combined enrichment of tungsten-containing tailings is proposed, which allows obtaining tungsten, molybdenum, copper concentrates and tin product.*