

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

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СУЖАЮЩЕГОСЯ ЖЕЛОБА НА ПЕННЫХ ПРОДУКТАХ ФЛОТАЦИИ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.57>

**Морозов Ю.П.<sup>1</sup>, Тропников Д.Л.<sup>2</sup>, Кузнецов В.А.<sup>2</sup>, Комаровский В.Л.<sup>2</sup>,**  
ORCID:0000-0003-0554-5176

**\*Валиева О.С.<sup>3</sup>, Интогарова Т.И.<sup>3</sup>**

0000-0002-8576-272X 0000-0002-3897-8288

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,  
г. Екатеринбург, Россия;

<sup>2</sup>ОАО «СВЯТОГОР», г. Красноуральск, Россия;

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,  
г. Мирный, Россия, \*olga.valieva.80@mail.ru

**Аннотация.** *Представлены результаты промышленных испытаний сужающегося желоба для обогащения пенных продуктов основной и перечистной флотации медно-цинковой руды. Приведены общий вид и принцип работы сужающегося желоба и методика проведения испытаний. Установлено, что использование сужающихся желобов для обогащения пенных продуктов флотации обеспечивает получение в верхнем продукте концентрата высокого качества и равноценно операции перечистной флотации, что позволит повысить показатели обогащения при существенном снижении энергозатрат и обеспечить работу флотомашин без пеногонов.*

Использование сужающихся желобов для обогащения пенных продуктов является перспективным направлением повышения эффективности флотационного обогащения сульфидных руд. Эффективность обогащения пенных продуктов в сужающихся желобах обусловлена использованием и интенсификацией процессов вторичной концентрации минералов в пене [1,2].

Впервые сужающие желоба испытаны в 1986–1988 гг. в промышленных условиях Бурибаевской и Сибайской обогатительных фабрик. Установлено, что реализация технологии с обогащением пенных продуктов в сужающихся желобах позволяет повысить извлечение ценных компонентов в концентрат, существенно уменьшить фронт флотации за счет снижения циркуляции продуктов флотации [3].

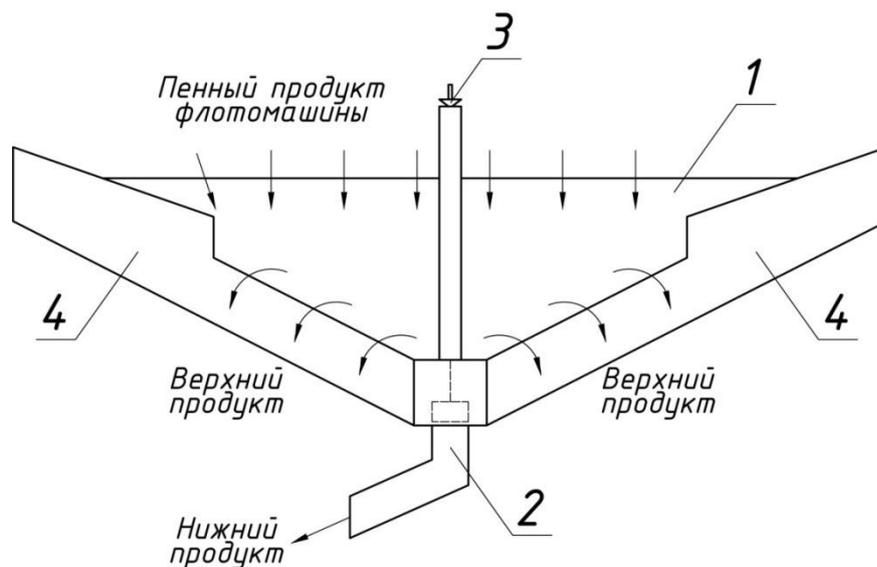
Применительно к Балхашской ОФ технология исследована в лабораторных условиях на пенном продукте, полученном при флотации руды Шатыркульского месторождения. Показано, что в верхнем продукте сужающегося желоба возможно получение кондиционного медного концентрата с массовой долей меди 20 % при извлечении в него меди 27 % [4].

В ходе промышленных испытаний сужающегося желоба для обогащения пенных продуктов на обогатительной фабрике ОАО «Святогор» так же получены высокие показатели обогащения. Общий вид сужающегося желоба представлен на рис. 1.

Аппарат состоит из сужающегося желоба 1 на суженном конце, которого предусмотрен патрубок 2 для разгрузки нижнего продукта. Над патрубком 2 установлен регулятор 3 с возможностью вертикального перемещения для управления количеством выхода нижнего продукта. Верхний продукт желоба разгружается через вертикальные стенки 4, которые выполнены с постоянной высотой.

Промышленные испытания были проведены по следующей методике. Сужающийся желоб устанавливали в сборные желоба пенных продуктов широкой стороной к пенным порогам флотационных камер. После установки сужающегося желоба в заданной операции флотации осуществляли опробование специальными пробоотборниками верхнего и нижнего продуктов сужающегося желоба с определением производительности по твердому питанию и массовой доли меди и цинка. Соотношение производительности по верхнему и нижнему продуктам в каждом режиме устанавливали

с помощью величины открытия заслонки регулятора выхода нижнего продукта. При переходе к следующим условиям работы желоба, с целью исключения опробования в переходном режиме, опробование продуктов разделения осуществляли через 10 минут после начала работы в заданном режиме.



1 – сужающийся желоб; 2 – патрубок для разгрузки нижнего продукта; 3 – регулятор выхода нижнего продукта; 4 – борта сужающегося желоба

Рисунок 1 – Общий вид сужающегося желоба

Промышленные испытания сужающегося желоба выполнены на пенных продуктах в операциях: основной медной флотации руды Волковского месторождения; основной медной флотации конвертерных шлаков; первой перерешивной и контрольной медной флотации руды Сафьяновского месторождения; первой перерешивной цинковой флотации руды Ново-Шемурского месторождения.

Результаты промышленных испытаний сужающегося желоба в операции основной медной флотации руды Волковского месторождения приведены в таблице 1. Установлено, что обогащение пенного продукта в операции основной медной флотации позволяет получить в верхнем продукте сужающегося желоба кондиционный медный концентрат с массовой долей меди более 20 % при извлечении меди в него от 21 до 28 %. Чем больше пенного продукта поступает в сужающийся желоб, тем выше показатели обогащения.

Таблица 1 - Результаты промышленных испытаний сужающегося желоба в операции основной медной флотации руды Волковского месторождения

Производительность по твердому Q, кг/ч	Показатели разделения		
	$\gamma_{\text{верхн.}}, \%$	$\beta_{\text{верхн.}}, \%$	$\epsilon_{\text{верхн.}}, \%$
204,0	18,84	20,60	27,92
70,0	14,66	20,57	21,49
328,0	11,34	16,99	29,24

Результаты промышленных испытаний сужающегося желоба в операции первой перерешивной медной флотации руды Сафьяновского месторождения приведены в таблице 2. Установлено, что обогащение пенного продукта в операции перерешивной медной флотации позволяет получить в верхнем продукте сужающегося желоба

кондиционный медный концентрат с массовой долей меди более 19 % при извлечении меди в него от 66 до 73 %.

Таблица 2 - Результаты промышленных испытаний сужающегося желоба в операции первой перечистой медной флотации руды Сафьяновского месторождения

Производительность по твердому Q, кг/ч	Показатели разделения		
	$\gamma_{\text{верхн.}}, \%$	$\beta_{\text{верхн.}}, \%$	$\epsilon_{\text{верхн.}}, \%$
11,96	62,307	16,02	65,464
7,81	67,806	19,38	73,101
7,28	56,623	19,73	66,166

Результаты промышленных испытаний сужающегося желоба в операции первой перечистой цинковой флотации руды Ново-Шемурского месторождения приведены в таблице 3. Установлено, что обогащение пенного продукта в операции перечистой цинковой флотации позволяет получить в верхнем продукте сужающегося желоба кондиционный цинковый концентрат с массовой долей цинка более 48 % при извлечении цинка в него от 72 до 81 %. Чем больше пенного продукта поступает в сужающийся желоб, тем выше показатели обогащения. Так, при производительности сужающегося желоба по исходному питанию 1кг/ч извлечение цинка составляет 72 %, а при производительности 1,41 кг/ч – 81,5 %.

Таблица 3 - Результаты промышленных испытаний сужающегося желоба в операции первой перечистой цинковой флотации руды Ново-Шемурского месторождения

Производительность по твердому Q, кг/ч	Показатели разделения		
	$\gamma_{\text{верхн.}}, \%$	$\beta_{\text{верхн.}}, \%$	$\epsilon_{\text{верхн.}}, \%$
0,87	35,53	49,01	35,996
1,08	71,518	47,83	72,274
1,41	80,614	48,13	81,544

В целом, промышленными испытаниями установлено, что использование сужающихся желобов в операциях основной и перечистой флотации позволяет получать кондиционные концентраты при высоком извлечении в них ценных компонентов и равноценно операции перечистой флотации. Это свидетельствует о целесообразности совершенствования схемных решений флотации в части получения кондиционного медного продукта в голове флотации.

На примере флотации медной руды Волковского месторождения выполнено моделирование схемы с применением сужающихся желобов.

Для операции основной медной флотации было выполнено покамерное опробование, результаты которого после математической обработки представлены в таблице 4. Анализ результатов показывает, что массовая доля меди в пенном продукте по фронту флотации снижается от 26,60 % в первой камере до 1,71 % в 14 камере, при этом извлечение меди в пенный продукт по фронту флотации снижается от 28 % в первой камере до 0,27 % в 14 камере. Из полученных результатов видно, что в первых трех камерах возможно получение кондиционного медного концентрата при значительном извлечении в него меди.

Таблица 4 – Результаты покамерного опробования операции основной флотации медной руды Волковского месторождения

№ камеры	Выход пенного продукта	Массовая доля меди в пенном продукте, %	Извлечение меди в пенный продукт, %
		В камере	В камере
1	1	26,60	28,00
2	0,97	21,55	22,00
3	0,9	19,63	18,60
4	0,85	12,74	11,40
5	0,8	11,88	10,00
6	0,77	8,14	6,60
7	0,74	6,42	5,00
8	0,63	5,13	3,40
9	0,58	2,95	1,80
10	0,53	2,96	1,65
11	0,46	2,07	1,00
12	0,38	1,88	0,75
13	0,29	1,64	0,50
14	0,15	1,71	0,27

По результатам испытания сужающихся желобов на руде Волковского месторождения построены зависимости массовой доли меди в верхнем продукте от его выхода, которые приведены на рис. 2.

При моделировании схемы по зависимостям, приведенным на рис. 2, определяли выход верхнего продукта сужающегося желоба заданного качества. Предусмотрена установка сужающихся желобов на первых 5 камерах основной медной флотации. В первых трех сужающихся желобах в верхнем продукте получается кондиционный медный концентрат с массовой долей меди более 25 %. Нижний продукт первых трех желобов объединяется с верхним продуктом последующих желобов и направляется во вторую перемешивающую операцию. Нижний продукт 4 и 5 желобов направляется вместе с пенным продуктом остальных камер основной флотации в первую перемешивающую флотацию.

Балансы по конечным продуктам существующей и предлагаемой схем приведены в табл. 5 и 6 соответственно. Сравнение результатов показывает, что внедрение сужающихся желобов в первых пяти камерах операции основной медной флотации позволит повысить извлечение меди в концентрат на 5 %.

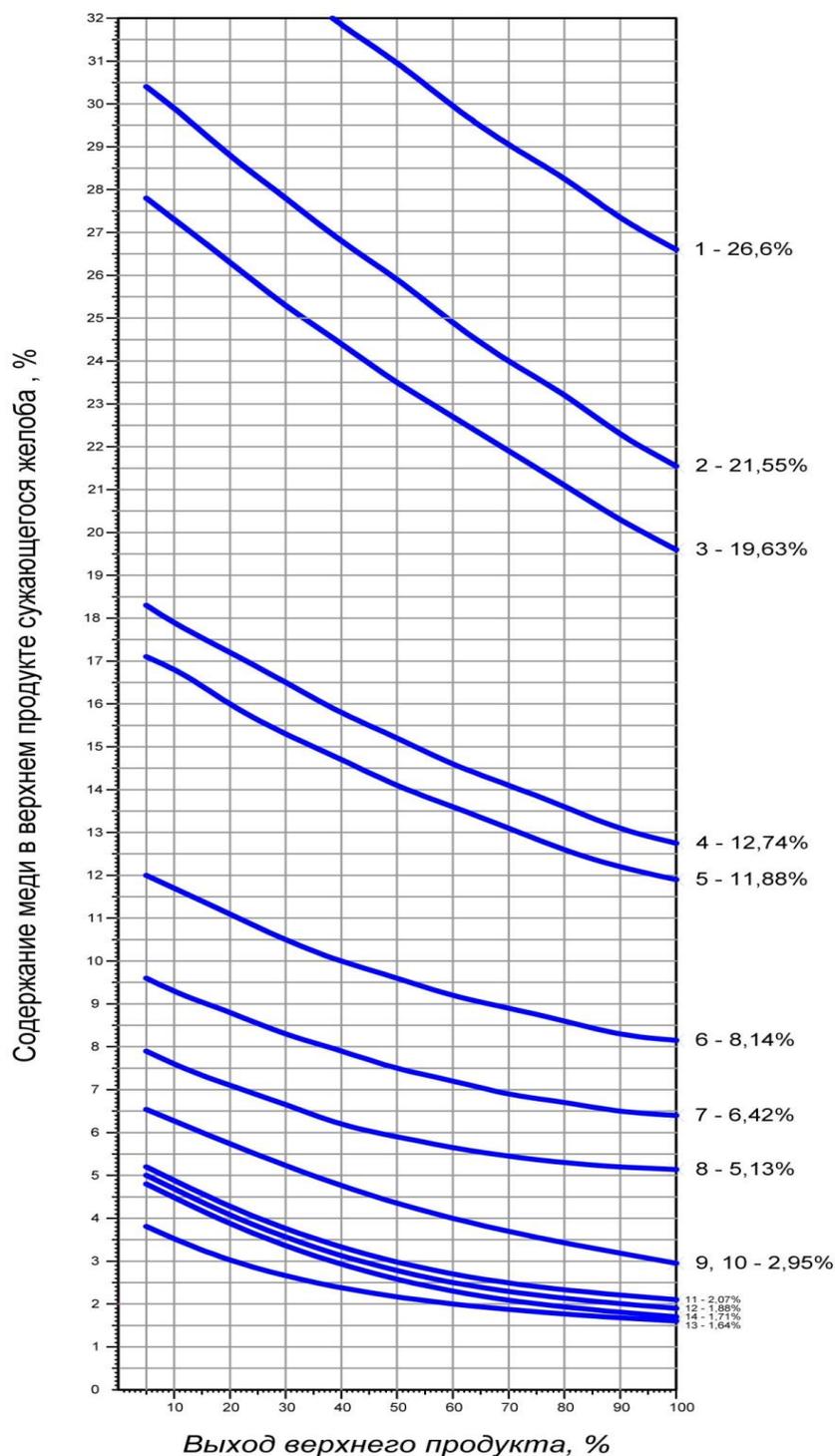


Рисунок 2 – Распределение массовой доли меди в верхнем продукте от его выхода

Таблица 5 – Баланс по конечным продуктам существующей схемы обогащения руды Волковского месторождения

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %	Извлечение, %
<b>Концентрат</b>	<b>2,92</b>	<b>26,03</b>	<b>80,00</b>
Хвосты	97,08	0,20	20,00
Исходная руда	100,00	0,95	100,00

Таблица 6 – Баланс по конечным продуктам схемы с сужающимися желобами в основной флотации

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %	Извлечение, %
Концентрат С.Ж.	1,87	25,85	51,02
Концентрат II пер.	1,33	24,36	33,98
<b>Концентрат</b>	<b>3,20</b>	<b>25,23</b>	<b>85,00</b>
Хвосты	96,8	0,15	15,00
Исходная руда	100,00	0,95	100,00

В целом, проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности широкого внедрения предлагаемой технологии на флотационных обогатительных фабриках. По результатам испытаний принято решение о промышленном внедрении шести сужающихся желобов на первой секции ОФ ОАО «Святогор».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ireland P. The behavior of wash water injected into a froth [Text] / P. Ireland, R. Cunningham, G. J. Jameson // International Journal of Mineral Processing. Volume 84, Issues 1-4. – 2007. – Pp. 99-107.
2. Ледян Ю.П., Щербакова М.К. Совершенствование способа вторичного обогащения флотационного концентрата в пенном слое // Горная механика и машиностроение. – 2012. – № 4. – с. 50-57.
3. Морозов Ю. П. Теоретическое обоснование и разработка новых методов и аппаратов извлечения мелкодисперсных благородных металлов из руд техногенного сырья. Дисс... докт. техн. наук: 25.00.13 / Морозов Юрий Петрович. Екатеринбург, 2001. – 397 с.
4. Морозов Ю.П., Валиева О.С., Мухтаров Н.Г. Предложения по реализации обогащения пенных продуктов флотации в сужающихся желобах на Балхашской обогатительной фабрике // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: материалы XXII Межд. научно-техн. конф., 19-20 апреля 2017г. – Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2017. – С. 320-323.

#### INDASTRIAL TESTS OF THE NARROWED TRENCH ON FOAMY PRODUCTS OF FLOTATION

**Morozov Y.P.<sup>1</sup>, Tropnicov D.L.<sup>2</sup>, Kuznetsov V.A.<sup>2</sup>, Komarovskiy V.L.<sup>2</sup>,**  
 ORCID: 0000-0003-0554-5176

**\*Valieva O.S.<sup>3</sup>, Intogarova T.I.<sup>3</sup>**  
 0000-0002-8576-272X 0000-0002-3897-8288

<sup>1</sup>Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia; <sup>2</sup>ACS «Svyatogor», Krasnouralsk, Russia; <sup>3</sup>Mirny Polytechnic Institute (branch) of North-Eastern Federal University, Mirny, Russia, \*olga.valieva.80@mail.ru

**Abstract.** Results of industrial tests of the narrowed trench for treatment frothy products of the main and re-cleaning flotation of copper-zinc ore are presented. The general view and the principle of work of the narrowed trench and technique of carrying out tests are given. It is established that use of the narrowed trenches for treatment frothy products of flotation provides obtaining concentrate of high quality in the upper product that is equivalent to operation of re-cleaning flotation. It will allow to raise treatment indicators at essential decrease in energy consumption and let flotation machine operate without froth removers.