

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ В ТЯЖЕЛЫХ СУСПЕНЗИЯХ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ДРОБЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАЛКИЯ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.05>

Телков Ш.А., *Мотовилов И.Ю., Барменшинова М.Б.¹, Нурманова А.Н.¹,
ORCID: 0000-0001-6641-4802 0000-0002-0716-402X 0000-0003-0534-2387 0000-0002-1761-7539

Даруеш Г.С.¹
0000-0001-6739-1569

¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан, *motovilov88@inbox.ru

Аннотация. В работе представлены результаты лабораторных исследований определения возможности использования процесса обогащения в тяжелых суспензиях для предварительного обогащения дробленых руд месторождения Шалкия. Результатами исследований установлено, что при разделении машинного класса крупностью 50 – 8 мм в тяжелой суспензии, по плотности 2720 кг/м³, возможно выделение легкой (отвальной) фракции выходом 18,80 % от руды. В легкую фракцию извлекается 26,15 % кварца, 12,41 % оксида кальция и 11,95 % углистого вещества, отрицательно влияющих на процесс флотационного обогащения. Потери извлечения цинка и свинца с легкой фракцией составили 9,53 % и 9,99 % соответственно, т.е. не превышают 10 %.

Геологические запасы руд месторождения Шалкия по категориям В + С1 составляют более 225 млн. тонн, со средним содержанием свинца 0,89 %, цинка 3,32 % и является крупным и перспективным сырьевым источником для получения свинца и цинка.

Рудные минералы представлены галенитом, сфалеритом, пиритом, а породообразующие – доломитом, кварцем и углисто-глинистой породой [1].

Руда месторождения Шалкия имеет относительно простой вещественный состав. Однако из-за очень тонкой дисперсности минералов галенита, сфалерита и пирита, их тесного взаимопрорастания между собой и породообразующими минералами, наличия ультратонких углеродистых веществ, а также присутствие легкоизмельчающихся минералов кальцита наряду с трудноизмельчаемыми окремненными доломитами и высокая крепость руды, позволяют характеризовать их как труднообогатимые и соответственно требуют применения тонкого измельчения исходной руды и постепенного дораскрытия минералов путем многостадийного доизмельчения.

Для промышленной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Шалкия принята селективная флотационная схема обогащения [2,3].

Необходимо отметить, что ранее перечисленные факторы, отрицательно влияют на процесс флотационного обогащения и не позволяют получать хорошие технологические показатели при обогащении руды, как по качеству получаемых концентратов так и извлечению в них свинца и цинка.

Изучение флотационной обогатимости, выполненное на многочисленных пробах, в которых содержание свинца и цинка колебалось в пределах: свинца от 0,33 % до 1,42%, цинка от 0,95 % до 3,91%, показало, что при разном содержании металлов в исходной руде, получаются концентраты в широком диапазоне качества - свинцового 30 – 50 %, цинкового 40 – 60 %. Определено, что при уменьшении содержания свинца в исходной руде до 0,33 % получение свинцового концентрата не представляется возможным.

Одним из возможных способов улучшения технологических показателей флотационного обогащения является использование процессов предобогащения руды с целью удаления пустой породы в голове технологического процесса. Удаление пустой

породы позволяет улучшить вещественный состав руды и повысить содержание ценных компонентов. Наиболее простыми и экономичными способами предобогащения руды являются гравитационные процессы, в частности обогащение в тяжелых суспензиях. Возможность использования данных процессов определяется гравитационной обогатимостью руды.

Первоначальные исследования по определению гравитационной обогатимости дробленной руды Шалкинского месторождения, были выполнены на пробе руды с содержанием свинца 1,85 % и цинка 3,28 %, т.е. содержание свинца практически в два раза превышала среднее содержание свинца по месторождению [4].

С целью уточнения гравитационной обогатимости и определения ожидаемых технологических показателей были выполнены исследования на пробе руды месторождения Шалкия с содержанием свинца 0,7 – 0,75 % и цинка 3,70 -3,75 %, которые соответствуют средним содержаниям по месторождению.

Исследованию подвергалась руда, дробленная до 50 мм. Результаты ситового анализа руды, дробленной до 50 мм, приведены в табл.1.

Таблица 1 – Ситовой состав дробленной руды

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %					Извлечение, %				
		Zn	Pb	SiO ₂	CaO	C	Zn	Pb	SiO ₂	CaO	C
50 - 20	22,74	2,81	0,58	46,71	12,79	6,25	18,41	17,55	21,40	26,91	23,73
20 - 13	22,86	3,17	0,69	50,76	12,17	5,66	20,88	20,98	23,37	25,74	21,60
13 - 8	19,18	3,29	0,65	51,44	10,61	5,70	18,19	16,56	19,88	18,83	18,25
8 - 2,5	11,3	3,62	0,71	52,35	9,83	5,56	11,79	10,65	11,92	10,29	10,49
2,5 - 1,25	7,18	3,77	0,77	52,44	9,54	6,31	7,8	7,32	7,59	6,34	7,56
1,25 - 0,63	5,99	4,21	0,85	52,54	9,63	6,75	7,28	6,74	6,34	5,34	6,75
0,63 - 0,315	3,11	4,62	0,86	45,53	7,46	6,44	4,14	3,53	2,85	2,15	3,34
0,315 - 0,16	2,39	4,37	0,96	44,25	6,86	6,52	3,01	3,02	2,13	1,52	2,60
0,16 - 0,074	1,68	6,00	1,19	43,66	6,09	6,45	2,9	2,63	1,48	0,95	1,81
0,074 - 0,0	3,57	5,43	2,32	42,24	5,85	6,49	5,6	11,02	3,04	1,93	3,87
Итого	100,0	3,47	0,75	49,63	10,81	5,99	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Содержание в исследуемой руде свинца, цинка, диоксида кремния, оксида кальция и углерода составило 0,75 %, 3,47 %, 49,63 %, 10,81 %, 5,99 % соответственно.

Содержание свинца и цинка по классам крупности неравномерное. В классе крупностью 50 - 20 мм равно 0,58 % и повышается до 1,19 % в классе 0,16 – 0,074 мм. Содержание свинца в самом тонком классе крупностью 0,074 - 0,0 мм возрастает до 2,32 %, что в 3,09 раза больше, чем в руде, т.е. наблюдается его концентрация в мелких классах.

Распределение содержания цинка по классам крупности аналогично. Так содержание цинка в самом тонком классе крупностью 0,074 - 0,0 мм возрастает до 5,43 %, что в 1,56 раза больше, чем в руде.

Распределение содержания диоксида кремния по классам крупности имеет неравномерный характер. Наиболее высокие содержания отмечены в крупных классах 46,71 % - 52,54 % и снижается до 42,24 % в мелком классе 0,074 – 0,0 мм.

Содержание оксида кальция в крупном классе крупностью 50 - 20 мм равно 12,79 % и постепенно понижается к мелким классам до 5,85 %.

Можно отметить, что углерод распределяется практически равномерно по всем классам крупности.

Результаты, полученные при изучении гранулометрического состава руды, дробленной до 50 мм, показали, что по количеству значительную часть представляют два класса крупности 50 - 20 мм и 20 - 8 мм и соответственно в них и сосредоточено

основное количество свинца и цинка, а также минералов пустой породы, которые отрицательно влияют на процесс измельчения и флотации.

Суммарное извлечение свинца и цинка в данные классы крупности составило 55,09 и 57,48 % соответственно. На основании этого можно констатировать, что основным машинным классом для предварительного гравитационного обогащения является класс крупностью 50 - 8 мм.

Для определения фракционного состава и соответственно гравитационной обогатимости руды в целом, классы крупности 50 - 20 мм, 20 - 8 мм, 8 - 5 мм, 5 - 2,5 мм, 2,5 - 1,25 мм и 1,25 - 0,63 мм подвергались фракционному анализу в растворах жидкости М - 45, с дальнейшим определением во всех фракциях плотности и классах крупности содержания Zn, Pb, SiO₂, CaO и С.

Распределения свинца, цинка, оксида кремния, оксида кальция и углерода по фракциям плотности в суммарном классе крупности 50 - 8 мм, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Распределения содержаний компонентов во фракциях плотности

Классы крупности, мм	Плотность фракций, кг/м ³	Выход, % от		Содержание, %					Извлечение, %				
		класса	руды	Zn	Pb	SiO ₂	CaO	C	Zn	Pb	SiO ₂	CaO	C
Суммарный класс 50 - 8	-2650	3,33	2,16	0,60	0,18	84,86	2,92	1,62	0,35	0,45	3,69	0,59	0,59
	+2650-2700	13,86	8,98	1,33	0,39	75,61	7,57	2,69	3,18	4,11	13,67	6,29	4,03
	+2700-	34,76	22,52	2,43	0,62	57,67	10,00	4,91	14,55	16,18	26,18	20,85	18,46
	+2750-2850	38,44	24,9	3,19	0,59	33,54	16,17	7,95	21,12	17,03	16,82	37,30	33,04
	+2850-2950	5,64	3,65	7,89	1,50	35,33	12,37	7,26	7,66	6,38	2,60	4,18	4,43
	+2950	3,97	2,57	12,62	2,43	32,65	9,38	7,04	8,63	7,29	1,69	2,23	3,02
Итого		100,0	64,78	3,22	0,68	49,54	11,91	5,88	55,49	51,44	64,65	71,44	63,57
8 - 0,0	Шламы	-	35,22	4,75	1,19	49,82	8,76	6,19	44,51	48,56	35,35	28,56	36,43
Руда	-	-	100,0	3,76	0,86	49,64	10,80	5,99	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Выход легкой фракции плотностью менее 2650 кг/м³, представленной на 85 % кварцем, незначительный и составляет в суммарном классе крупности 50 - 8 мм, порядка 2,16 % от руды (3,33 % от класса). В связи с этим выделение только данной фракции нецелесообразно и технически очень затруднительно.

Аналогичная картина наблюдается с выходом самых тяжелых фракций, плотностью более 3000 кг/м³. Выход данной фракции плотности в суммарном классе крупности 50 - 8 мм, составляет 2,57 % от руды (3,97 % от класса). Содержание цинка и свинца в данной фракции возрастает в 3 - 4 раза по сравнению с содержанием их в руде.

Из полученных результатов видно, что изменение выхода легкой фракции в пределах от 20 до 50 % не влечет за собой изменения в них содержания свинца и цинка, а возрастают только общие потери свинца и цинка с данными фракциями. Теоретически возможный выход легкой (отвальной) фракции при обогащении основного машинного класса крупностью 50 - 8 мм составит 18-20 % от руды, при плотности разделения порядка 2720 кг/м³. При этом потери в извлечении свинца и цинка составят не более 10 - 11 % по каждому металлу.

Вместе с легкой фракцией может быть удалено 25 - 30 % кварца, 10 - 15 % углистого вещества, которые по своим свойствам являются вредной примесью при флотации, особенно цинковых минералов.

Фракционный состав машинного класса крупностью 50 - 8 мм, в основном представлен промежуточными фракциями, плотностью 2650 - 2850 кг/м³, выход которых составляет 87,06 %. При этом содержание цинка и свинца в данных фракциях колеблется

в пределах 1,33 - 3,19 % по цинку и 0,39 - 0,62 % по свинцу. Также необходимо отметить, что в данных фракциях плотности сосредоточено основное количество диоксида кремния, оксида кальция и углерода, извлечение которых от класса составило 87,66, 90,19 и 87,37 % соответственно. С целью максимального удаления нерудных минералов кремния и кальция и углистого вещества в легкую фракцию (хвосты) необходимо выделять фракции плотностью менее 2650 кг/м³ 2650-2700 кг/м³ и частично 2700-2750 кг/м³ при плотности разделения 2720 кг/м³

Индекс гравитационной обогатимости для всех классов крупности и суммарного класса составляет по абсолютной величине более 0,4, что характеризует руду как труднообогатимую, что подтверждается наличием большого количества промежуточных фракций и небольшим количеством тяжелых фракций представленных чистыми сульфидами. В связи с этим операцию предварительного гравитационного обогащения необходимо осуществлять в тяжелосредних сепараторах (барабанных или колесных), т.к. в данных аппаратах процесс разделения в тяжелых суспензиях является наиболее эффективным.

На основании результатов исследования фракционного состава руды выполнено разделение машинного класса крупности 50 – 8 мм в тяжелой суспензии по плотности 2720 кг/м³, с целью наработки тяжелой и легкой фракций для дальнейших исследований по их флотационному обогащению. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты разделения машинного класса 50 – 8 мм в тяжелой суспензии по плотности 2720 кг/м³

Наименование продуктов	Выход, % от руды	Содержание, %					Извлечение, %				
		Zn	Pb	SiO ₂	CaO	C	Zn	Pb	SiO ₂	CaO	C
Хвосты	18,80	1,9	0,42	69,50	7,36	3,73	9,53	9,99	26,15	12,41	11,95
Тяжелая фракция 50 – 8 мм плюс отсеив 8 – 0 мм	81,2	4,18	0,88	45,45	12,03	6,36	90,47	90,01	73,85	87,59	88,05
Руда	100,0	3,75	0,79	49,97	11,15	5,87	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

При выходе хвостов обогащения 18,80 % от руды, содержание в них цинка составило 1,90 %, свинца 0,42 %, диоксида кремния 69,50 %, оксида кальция 7,36 % и углерода 3,73 %. Потери извлечения цинка и свинца с хвостами обогащения в тяжелых суспензиях составили 9,53 % и 9,99 % соответственно, т.е. не превышают 10 %. Необходимо отметить, что в проберуды, на которой были выполнены исследования, присутствовало значительное количество мелких классов, что не характерно для руды с крепостью 16 -17 по шкале Протодряконова и соответственно, поэтому снизился выход легкой фракции по сравнению с ранее выполненными исследованиями.

Полученные результаты по изучению фракционного состава руды месторождения Шалкия позволяют сделать следующие основные выводы:

- изучен ситовой и фракционный составы руды текущей добычи месторождения Шалкия с исходным содержанием цинка 3,75 % и свинца 0,79 %, которые соответствуют среднему содержанию по месторождению;

- определено, что в результате гравитационного предобогащения дробленной руды (класса 50 - 8 мм) возможно выделение легкой фракции в количестве 18-20 % от руды, при этом потери свинца и цинка составят не более 10 % по каждому металлу. Выделение данного количества легкой фракции в свою очередь позволит снизить в руде количество диоксида кремния на 25 - 30 % и углерода на 10-15 %, тем самым уменьшить общую нагрузку на измельчительное и флотационное оборудование, улучшить условия измельчения и флотационного обогащения [5], а также снизить расход флотационных реагентов и повысить качество получаемых концентратов;

- можно рассматривать процесс предобогащения дробленой руды, как операцию разделения руды на два технологических типа (легкая и тяжелая фракция) обладающих различными флотационными свойствами за счет выделения в голове процесса части пустой породы, включающей в себя углистые вещества, кварц и диоксид кальция. Раздельное флотационное обогащение полученных продуктов (легкой и тяжелой фракций) также может, улучшить общие технологические показатели, и создать более благоприятные условия для получения качественных концентратов, в частности цинкового;

- полученные результаты исследований позволяют считать, что использование гравитационного предобогащения дробленой руды Шалкинского месторождения, как одно из возможных вариантов, позволяющего улучшить технологические показатели флотационного передела.

ЛИТЕРАТУРА

1 Студенцов В.В., Клец А.Н. Вопросы теории и практики обогащения руд. Книга 2. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан: анализ, запасы, технология. Алматы, 1998.

2 Митяева Н. М., Искакова Г.А. Вещественный состав и технологические свойства руд Шалкии. Кн. Геология и полезные ископаемые Южного Казахстана. Алматы. 1988.

3 Разработка технологии обогащения свинцово-цинковых руд месторождения Шалкия с получением свинцовых и цинковых концентратов с выдачей рекомендаций для внедрения Отчет о НИР/ВНИИцветмет, Руководитель Иванов Г.И. № 6-03-35- Усть-Каменогорск, 2003.

4 Телков Ш.А., Безгинова Л.И., Мотовилов И.Ю. Гравитационная обогатимость руды месторождения Шалкия // Вестник КазНТУ. - 2009. - №6,

5 Барнов Н.Г., Лавриненко А.А., Лусинян О.Г., Чихладзе В.В. Влияние методов дробления на процесс обогащения свинцово-цинковой руды // Издательство Сибирского отделения РАН. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2017. - №4. - С.175-182.

DETERMINATION OF CONDITIONS OF USING THE PROCESS OF ENRICHMENT IN HEAVY SUSPENSIONS FOR PRELIMINARY CONCENTRATION OF CRUSHED ORE DEPOSITS SHALKIYA

Telkov S.A., *Motovilov I.Y., Barmenshinova M.B., Nurmanova A.N.,

ORCID: 0000-0001-6641-4802 0000-0002-0716-402X 0000-0003-0534-2387 0000-0002-1761-7539

Daruesh G.S.

0000-0001-6739-1569

«Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev» NJSC,
Almaty, Kazakhstan, *motovilov88@inbox.ru

Abstract. *The paper presents the results of laboratory studies to determine the possibility of using the enrichment process in heavy suspensions for pre-enrichment of crushed ores of the Shalkiya Deposit. The results of the studies found, that the separation of the machine class with a size of 50 – 8 mm in a heavy suspension, density 2720 kg/m³, it is possible to allocate a light (dump) fraction with an yield 18.80% of the ore. The light fraction is extracted 26.15% quartz, 12.41% calcium oxide and 11.95% carbonaceous, whcih adversely affecting the process of flotation enrichment. Losses of extraction of zinc and lead with light fraction made 9,53% and 9,99% respectively, i.e. do not exceed 10 %.*