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 Касимова 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 Касимова 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

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ОБОГАТИМОСТЬ ОТВАЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАСКОРА

<https://doi.org/10.31643/2018-7.47>

Юн А.Б.¹, Шадрунова И.В.², Синянская О.М.¹,
ORCID: 0000-0002-9919-5201 0000-0003-3520-2705 0000-0002-6095-8371
Горлова О.Е.³, Койшибаева А.М.¹
0000-0003-1142-0652 0000-0003-1951-9593

¹ТОО «КазГидроМедь», г. Караганда, Казахстан, alexyun@mail.ru;

²ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика В.Н. Мельникова Российской академии наук», г. Москва, Россия;

³ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

Аннотация. *Представлены результаты изучения материала отвала вскрышных пород, образовавшегося при разработке медного месторождения Таскора. Отвал является перспективным техногенным минеральным объектом для пополнения минерально-сырьевой базы, поскольку в нем заскладировано порядка 2 млн т забалансовых окисленных руд с запасами меди свыше 20 тыс. т. и с запасами серебра свыше 15 т. Проведенные исследования показали, что особенности вещественного состава, а именно присутствие меди в окисленной и сульфидной формах практически в равных количествах, неблагоприятный состав породообразующих минералов и присутствие в значительном количестве кальцита, доломита, гипса делают нецелесообразной переработку материала отвала только одним методом, необходима разработка комбинированной технологии, которая бы позволяла максимально полно использовать его ресурсный потенциал.*

При разработке месторождения Таскора (рис. 1) Жаман-Айбатского рудного поля (республика Казахстан, Карагандинская область) руды с содержанием окисленных форм меди более 20% были попутно добыты, как породы вскрыши, и заскладированы в отдельный отвал. Технологические испытания, проведенные в 2002 г. на пробах материала отвала (содержание меди в пробе составляло 0,72 %, среднее содержание по месторождению – 0,70 %), показали, что руды являются труднообогатимыми, извлечение меди не превышало 52%, в отличие от сульфидных руд этого месторождения (содержание меди в пробе 1,15 %, среднее содержание по месторождению – 0,75 %), при обогащении которых извлечение меди в концентрат было вполне удовлетворительным – 84,21 %. Низкое извлечение меди во флотационный концентрат, наличие окисленных форм меди более 20 отн. % определило отнесение руды к забалансовой труднообогатимой при балансовом содержании меди.

На сегодняшний день в отвале вскрышных пород при добыче сульфидных медных руд (рис. 2) в 2007-2009 гг. на месторождении Таскора ТОО «Корпорация Казахмыс» заскладировано 2,014 млн. т забалансовых медных руд со средним содержанием меди 1,01% и запасами меди 20,34 тыс. т, с запасами серебра 15,2 т при среднем содержании серебра 7,55 г/т. Отвал расположен в непосредственной близости от карьера Таскора (рис. 3), размеры отвала в плане 350х350м, высота 12,5 м.

Переработка отвала месторождения Таскора стала актуальной в настоящее время в связи с количественным и качественным истощением запасов действующих рудников и необходимостью восполнения сырьевой базы Жезказганского месторождения. Первым этапом восполнения выбывающих мощностей является вовлечение в добычу и переработку имеющегося медьсодержащего сырья, ранее не подлежащего переработке традиционным способом, в том числе и отвала месторождения Таскора. Для

Жезказганского региона комплексная программа восполнения сырьевой базы имеет и важнейшую социально-экономическую составляющую, поскольку сокращение объемов производства неизбежно приведет к потере рабочих мест и росту социальной напряженности в регионе.

Рисунок 1 – Обзорная схема расположения месторождений Жезказган и Таскора

Разработка отвала не составляет трудностей, выполнение процессов отгрузки и транспортировки предлагается вести по схеме: погрузка с отвала погрузчиком и транспортировка руды автосамосвалами до рудного склада карьера Таскора (1,2 км), погрузка в думпкары погрузчиком и транспортировка по железной дороге (166,8 км) до пункта разгрузки (выгрузочные пути корпуса дробления Жезказганской ОФ №2).

Для эффективного вовлечения в отработку отвала забалансовых руд и одновременного получения экономического, экологического, социального эффектов необходимо детальное изучение материала техногенного образования и разработка технологии наиболее полного и комплексного использования медьсодержащего сырья. Для изучения вещественного состава и технологических особенностей, которые будут определять обогатимость окисленных руд, на отвале месторождения Таскора была отобрана представительная технологическая проба и проведены полномасштабные научно-исследовательские работы.

Рисунок 2 – Характерный геологический разрез карьера Таскора

Рисунок 3 – Ситуационная схема месторождения Таскора

Отбор и подготовка проб для лабораторных исследований проводились в соответствии с общепринятыми методиками и требованиями нормативно-технических документов (ГОСТ 14180-80 и др.). Удельный вес пробы 2,53 г/см³. Гранулометрический состав исходной пробы с распределением меди и серебра по классам крупности представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Гранулометрический состав и распределение основных компонентов по классам крупности

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание		Распределение, %	
		Cu, %	Ag, г/т	Cu	Ag
+ 25	3,10	0,39	8,60	1,28	2,70
-25+10	16,99	0,87	3,60	15,52	6,12
-10+5	11,17	0,83	8,90	9,74	9,94
-5+3	9,32	0,88	9,0	8,61	8,40
-3+1	18,49	1,02	12,0	19,78	22,20
-1+0	40,93	1,05	11,5	45,07	47,10
Σ	100,00	0,96	10,0	100,00	100,0

В материале отвала содержание ценных компонентов с уменьшением класса крупности закономерно возрастает. Основная масса материала (~ 60%) имеет крупность менее 3 мм. Наибольшее количество меди (45,07%) и серебра (47,10%) приходится на

самый мелкий класс -1+0 мм, которого в пробе 40,93%.

Из результатов химического анализа пробы (табл. 2), выполненного методом количественного химического анализа по МВИ НСАМ 372-Ф (минеральный состав фаз меди), а также элементного анализа, выполненного методом атомно-эмиссионного спектрального анализа на спектрометре ISP-OESAgilent 725, следует, что основными ценными компонентами забалансовых руд являются медь и серебро. Из нерудных компонентов преобладает кремнезем.

Таблица 2 – Результаты химического анализа пробы

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Медь	0,96	Железо	2,23
Свинец	0,003	Серебро, г/т	10,0
Молибден, г/т	17	Сера	6,22
Кадмий	<0,002	Алюминий	1,57
SiO ₂	42,70	Стронций	0,053
Кальций	14,46	Марганец	0,212
Титан	0,192	Мышьяк	0,007
Хром	0,009	Кобальт	0
Барий	0,09	Цинк	0,016

В пробе материала с отвала месторождения Тасгора по результатам фазового анализа медь на 47 % (отн.) представлена вторичными сульфидами ($\beta_{Cu} = 0,46\% \text{ абс.}$) и на 47 % (отн.) окисленными соединениями ($\beta_{Cu} = 0,45\% \text{ абс.}$). На долю первичных сульфидов меди приходится 6 % (отн.) ($\beta_{Cu} = 0,06\% \text{ абс.}$). Основные рудные минералы представлены малахитом, азурином, хризоколой, халькозином, ковеллином, халькопиритом. Таким образом, на долю сульфидных минералов меди приходится 53%, на долю окисленных – 47%, что позволяет отнести руду по вещественному составу к смешанному типу.

Результаты рентгеноструктурного анализа пробы, выполненного на рентгеновском дифрактометре D2 PHASER, приведены на рисунке 4. Основные породные минералы пробы (%): альбит 34,6; доломит 22,6; кварц 16,3; гипс 8,8; клинохлор 6,3; кальцит 4,9; микроклин 4,8; мусковит 2,2.

Рисунок 4 – Дифрактограмма пробы материала отвала месторождения Тасгора

Таблица 3 – Формы нахождения магния и кальция в пробе материала отвала

Наименование соединения	Содержание, %	
	абс.	отн.
Кальция		
Сульфат	6,14	55,8
Карбонат	4,86	44,20
Суммарно	11,00	100,00
Магния		
Карбонат	3,56	87,7
Оксид	0,5	12,3
Суммарно	4,06	100,00

измельчалась в лабораторной шаровой мельнице типа «Механобр» объемом 1 дм³, при соотношении Ж:Т:Ш=1:1:7. Время измельчения составляло 3, 4, 5, 10 мин.

Таблица 4 – Гранулометрический состав пробы, продробленной до 3 мм

Класс крупности, мм	Выход, %	Содержание меди, %	Распределение меди, %
-3 + 1	33,6	0,61	21,39
-1 + 0,5	18,67	0,97	18,90
-0,5 + 0,2	15,36	1,18	18,92
- 0,2 + 0,071	3,27	1,54	5,26
- 0,071	29,1	1,17	35,53
Итого	100,0	0,96	100,00

дробленной до крупности 3 мм руде распределение меди по классам крупности достаточно равномерное (табл. 4), за исключением класса – 0,2+0,071 мм, на который приходится только 5,26% меди. Как следует из представленных данных, руда легко переизмельчается, что отрицательно будет сказываться при последующем флотационном обогащении и приведет к потерям меди со шламами. Оптимальное время измельчения необходимо устанавливать при проведении лабораторных тестов по флотации при различных режимах измельчения.

Таблица 5 – Результаты ситового анализа в зависимости от времени измельчения

Класс крупности, м	Выход		Класс крупности, м	Выход	
	г	%		г	%
Время измельчения - 3 мин.			Время измельчения - 5 мин.		
-3 + 1	-	-	-3 + 1	-	-
-1 + 0,5	5,0	0,5	-1 + 0,5	-	-
-0,5 + 0,2	12,5	1,25	-0,5 + 0,2	8,9	0,89
- 0,2 + 0,071	142,5	14,25	- 0,2 + 0,071	96,1	9,61
- 0,071	840,0	84,0	- 0,071	268,5	89,5
Итого	1000,0	100,0	Итого	1000,0	100,0
Время измельчения - 4 мин.			Время измельчения - 10 мин.		
-3 + 1	-	-	-3 + 1	-	-
-1 + 0,5	-	-	-1 + 0,5	-	-
-0,5 + 0,2	10,7	1,07	-0,5 + 0,2	-	-
- 0,2 + 0,071	116,3	11,63	- 0,2 + 0,071	36,0	3,6
- 0,071	873,0	87,3	- 0,071	964,0	96,4
Итого	1000,0	100,0	Итого	1000,0	100,0

Формы нахождения магния и кальция в пробе приведены в табл. 3, из которой следует, что преобладают карбонаты кальция и магния. Также отмечается достаточно высокое содержания сульфата кальция (гипс).

Для изучения кинетики измельчения проба была продроблена до 3 мм (гранулометрический состав приведен в табл. 4) и

В дробленной руде содержание флотационного класса крупности – 0,071 мм составляло 29,1% и закономерно возрастало при увеличении времени измельчения с 84 до 96,4% (табл. 5). В

Отвал окисленных руд, образовавшийся от разработки медного месторождения Таскора, по запасам в нем меди порядка 20 тыс. т при среднем содержании меди 0,7-1,0% можно рассматривать как небольшой, но вполне перспективный объект для пополнения минерально-сырьевой базы в связи с выбывающими мощностями действующих рудников Жезказганского месторождения. Этому благоприятствуют такие факторы, как компактное расположение техногенного образования на поверхности земли; небольшая высота отвала; простой способ разработки; наличие инфраструктуры для отгрузки и транспортировки материала; существующие мощности обогатительного производства для флотационной переработки; наличие квалифицированных трудовых ресурсов.

Но, как показали проведенные исследования, при достаточно высоком балансовом содержании меди (0,96%) особенности вещественного состава материала отвала делают нецелесообразной переработку данного техногенного образования только одним методом с получением приемлемых технико-экономических показателей извлечения меди в товарную продукцию. К таким особенностям следует отнести присутствие меди как в сульфидной, так и в окисленной формах практически в равных количествах, и отличающиеся флотационные свойства минералов меди, что позволяет прогнозировать низкие показатели извлечения при флотационной переработке без предварительной сульфидизации или вызывает необходимость использования раздельной флотации сульфидных и окисленных минералов меди. А неблагоприятный состав породообразующих минералов, связанный с присутствием в значительном количестве доломита, кальцита, гипса (суммарно более 33%), и высокое содержание мелких классов в исходной руде (свыше 68% класса минус 5 мм) будут обуславливать низкие перколяционные свойства руды и высокий расход кислоты при рассмотрении варианта кучного сернокислотного выщелачивания отвала на месте его складирования. Следовательно, для утилизации отвала месторождения Таскора необходима разработка комбинированной технологии, которая бы позволяла максимально полно использовать его ресурсный потенциал.

PECULIARITIES OF THE SUBSTANCE AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES, DETERMINING THE FOSSILITY OF THE DEPOSIT OF THE TASKOR DEPOSIT

Yun A. B.¹, Shadrunkova I. V.², Sinyanskaya O. M.¹,

ORCID: 0000-0002-9919-5201 0000-0003-3520-2705 0000-0002-6095-8371

Gorlova O. E.³, Koishibaeva A. M.¹

0000-0003-1142-0652 0000-0003-1951-9593

¹ “KazGidroMed” LLP, Karaganda, Kazakhstan, *alexyun@mail.ru;

² “Institute for Complex Development of Subsurface Resources named after academician V.N. Melnikov Russian Academy of Sciences” FPFIS, Moscow, Russia;

³ “Nosov Magnitogorsk State Technical University” FPFIS HE, Magnitogorsk, Russia

Abstract. *The results of studying the material of the overburden rock dump formed during the development of the copper deposit of Taskora are presented. The dump is a promising man-made mineral object for the replenishment of the mineral and raw materials base, since it stores about 2 million tons of off-balance oxidized ores with copper reserves of over 20000 tons and silver reserves of more than 15 tons. The conducted studies showed that the features of the material composition, namely the presence of copper in the oxidized and sulphide forms in practically equal amounts, the unfavorable composition of the rock-forming minerals and the presence of a considerable amount of calcite, dolomite, and gypsum make it useless to process the dump material with only one method, which would allow maximum use of its resource potential.*