

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

# ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ОКИСЛЕННЫХ СВИНЦОВО-БАРИТОВЫХ РУД

<https://doi.org/10.31643/2018-7.06>

Телков Ш.А.<sup>1</sup>, \*Мотовилов И.Ю.<sup>1</sup>, Бостандыков А.М.<sup>1</sup>, Барменшинова М.Б.<sup>1</sup>,  
0000-0001-6641-4802      0000-0002-0716-402X      0000-0002-5819-4317      0000-0003-0534-2387  
Зеленский В.П.<sup>2</sup>, Малимбаев У.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан, \*motovilov88@inbox.ru;  
<sup>2</sup>АО «Жайремский ГОК»

**Аннотация.** В работе представлены результаты изучения вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд месторождения Ушкатын – III .

Минеральный состав окисленных свинцово-баритовых руд представлен следующими минералами: рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3%, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %. Минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются главным образом в зернах барита, который при крупности дробления исходной руды до 60 мм, наблюдаются в раскрытом виде. Данный факт позволяет утверждать, что для обогащения окисленных свинцово-баритовых руд, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе, центробежная сепарация) для получения черновых свинец содержащих концентратов. Изучение гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 39,16%, а основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм.

Месторождение Ушкатын – III представлено свинцово-баритовыми и железомарганцевыми участками [1].

В железомарганцевой части месторождения руды представлены первичными марганцевыми и железными рудами, вещественный состав которых изучен и ведется их переработка по ранее отработанным технологиям.

С 2015 года начата отработка участка барито-свинцовых руд. Участок барито-свинцовых руд на месторождении представлен различными технологическими типами: окисленные свинцовые, окисленные свинцово-баритовые, смешанные свинцово-баритовые, сульфидные свинцово-баритовые, баритовые и пироморфитовые. Основная часть запасов месторождения представлена сульфидными рудами.

Основными минералогическими типами окисленных руд являются:

- окисдно-фосфатные свинцовые руды подзоны выщелачивания, в которых свинец представлен пироморфитами, плюмбогуммитом, второстепенным коркитом, бедантитом и остаточным церусситом (верхние горизонты);

- гидроксидно-карбонатные свинцовые руды, в которых свинец представлен коронадитом, вакенродитом, криптомеланом, свинцовым родохрозитом, остаточным церусситом;

- свинцовые окисленные руды, в которых свинец представлен церусситом.

В контуре месторождения доля окисленных руд, в общем балансе запасов, составляет около 30 %. Эти руды крайне неоднородны по составу и качеству и среднее извлечение свинца в концентраты, по результатам ранее выполненных технологических исследований, составляло 58,0 – 59,0 %.

Авторами работы выполнены исследования по изучению вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд, с целью получения исходных данных для выбора направления дальнейших технологических исследований на обогатимость.

*Изучение вещественного и химического состава.* На пробе окисленной свинцово-баритовой руды были выполнены исследования по изучению вещественного и химического состава, а также проведено минералогическое описание рудных минералов. Вещественный состав изучался рентгено-дифрактометрическим анализом на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с  $Si_{K\alpha}$  – излучением,  $\beta$ -фильтр. Далее приведены межплоскостные расстояния и фазовый состав образцов (табл.1), результаты полуколичественного рентгенофазового анализа (табл.2), дифрактограмма пробы (рисунок 1).

Таблица 1 - Межплоскостные расстояния и фазовый состав пробы

$d, \text{Å}$	$I \%$	минерал	$d, \text{Å}$	$I \%$	минерал
10.01857	13.5	слюда	2.48563	20.7	-
4.42822	16.6	-	2.45545	17.9	-
4.25262	39.3	кварц	2.28014	14.8	-
3.58723	43.4	церуссит	2.23441	12.0	-
3.49202	34.8	галенит	2.12308	14.9	-
3.34231	100.0	-	2.08041	17.8	-
3.23882	15.1	КПШ	2.00514	11.6	-
3.07177	21.1	-	1.98009	16.2	-
3.02811	27.8	кальцит	1.93047	16.2	-
2.82773	13.5	-	1.90571	11.9	-
2.58931	16.7	-	1.81691	20.2	-
2.51986	14.9	-	1.63010	10.3	-

Таблица 2 - Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

Минерал	Формула	Концентрация, %
Quartz	$SiO_2$	56.6
Calcite	$Ca(CO_3)$	10.5
Barite	$BaSO_4$	10.1
Muscovite	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	7.7
Cerussite	$PbCO_3$	7.6
Orthoclase	$KAlSi_3O_8$	3.9
Galena	$PbS$	5.3

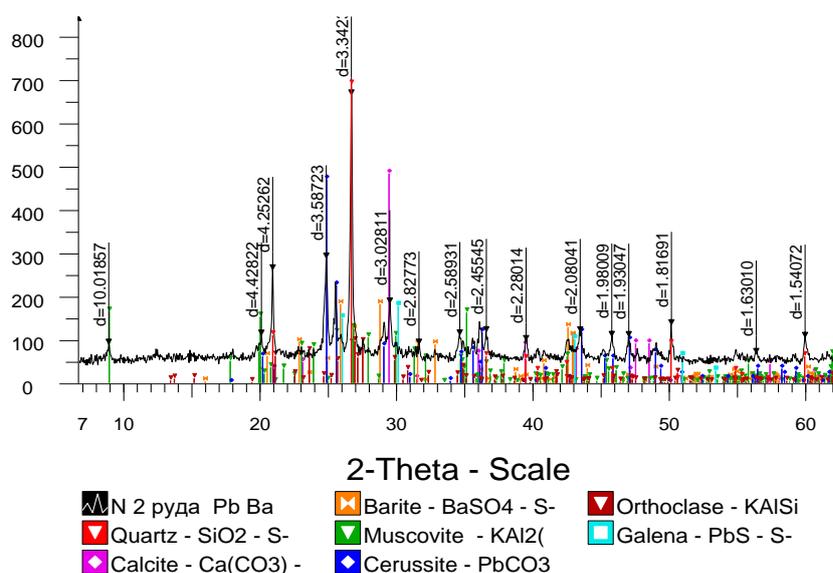


Рисунок 1 – Дифрактограмма пробы

Химический состав окисленной свинцово-баритовой руды приведен в таблице 3.

Таблица 3 –Химический состав исходных шламов

Массовая доля элементов, %									
Pb	Zn	Cu	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Fe	Mn	S	Cd, г/т	SiO <sub>2</sub>
7,22	0,11	0,02	28,92	4,74	3,99	0,33	0,27	8,7	17,78

*Минералогическое описание рудных минералов*

Макро: кварц-барит-церусситовая руда, сухаристая, выщелоченная, серовато-бурого цвета, средне-зернистая, в пустотках развиваются кристаллики церуссита с охристыми образованиями гидроокислов железа бурого цвета.

Микро: кварц-барит-церусситовая руда, текстура гнездово-вкрапленная, пятнистая; структура интерстициальная, замещения. Основные рудные минералы – церуссит, барит, галенит.

Галенит – составляет около 0,5 % от площади аншлифа, наблюдается в виде агрегатов неправильной формы с зазубренными краями, выполняющими межзерновые пространства между зернами кварца и барита, размером до 0,2 мм либо представляет собой реликты в церуссите. Кое-где по галениту образуется сеточка ковеллина.

Церуссит – основной рудный минерал, составляет около 30 % (от площади аншлифа). Образуется в результате замещения галенита, размер зерен до 1,0 мм. Церуссит образует как аморфные гнездообразные скопления, так и идиоморфные кристаллики размером до 0,5 мм. В отраженном свете светло-серого цвета, анизотропный, внутренние рефлексы стеклянные с фиолетовым оттенком, реже белого и желтовато - серого цвета. Выполняет промежутки между зернами барита (рисунок 2).

По всей площади аншлифа наблюдается рассеянная вкрапленность идиоморфного пирита размером зерен 0,006 - 0,012 мм.

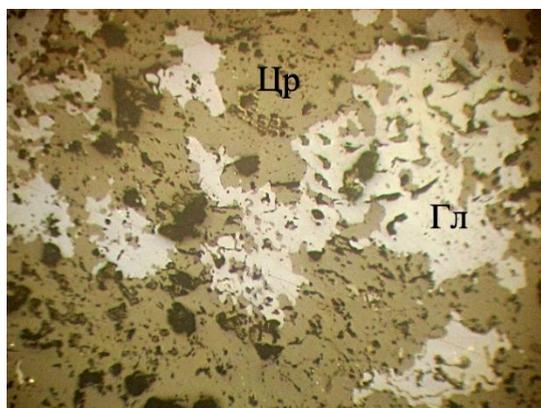


Рисунок 2 – Гнездообразные скопления ангедрального галенита, выполняющего межзерновые пространства между зернами церуссита, кварца и барита, ув.72

Результаты изучения вещественного состава окисленных свинцово-баритовых руд показали, что минеральный состав их представлен следующими минералами: основными рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %.

Минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются в зернах барита, который при крупности дробления 60 мм наблюдаются в раскрытом виде.

*Исследования по изучению гранулометрического состава. Мокрый ситовой анализ*

Изучение гранулометрического состава выполнялось мокрым ситовым анализом путем перемешивания навески дробленой руды до крупности 60 мм в цилиндрической емкости объемом 15 литров, в течение 15 минут, при соотношении Ж : Т = 4 : 1, с последующим рассевом и промывкой каждого класса крупности [2,3]. Полученные классы крупности подвергались разделке с отбором проб на химический анализ, в которых определялись содержания свинца, серебра и барита. Результаты сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Гранулометрический состав и характер распределения, свинца, барита и серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/т	барита, %	свинца	серебра	барита
– 60 + 40	2,72	0,12	2,30	0,71	0,04	0,18	0,42
– 40 + 20	3,23	7,69	44,7	6,46	3,40	4,31	4,48
– 20 + 12	2,60	11,04	46,42	5,62	3,93	3,62	3,14
– 12 + 5	3,59	13,46	64,82	9,47	6,63	6,98	7,31
– 5 + 2,5	2,20	14,64	71,50	9,64	4,41	4,71	4,55
– 2,5 + 1,25	3,74	12,95	65,30	9,88	6,64	7,32	7,94
– 1,25 + 0,63	5,33	12,38	53,90	9,74	9,05	8,61	11,16
– 0,63 + 0,315	4,95	14,15	56,60	10,55	9,59	8,39	11,21
– 0,315 + 0,16	5,26	16,04	64,10	10,60	11,57	10,11	11,99
– 0,16 + 0,071	5,54	15,04	47,40	7,05	11,40	7,86	8,38
– 0,071 + 0,0	60,84	4,00	20,80	2,25	33,34	37,91	29,42
<b>Итого</b>	<b>100,0</b>	<b>7,30</b>	<b>33,38</b>	<b>4,65</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Результаты мокрого ситового анализа показывают, что:

- после промывки исходной руды, выхода всех классов крупностью более 0,071 мм находятся в пределах 2 – 6 %. Суммарный выход классов крупностью –60 + 0,071 мм составил 39,16 %, в том числе выход класса крупностью –60 + 12 мм составил 8,55 %, класса крупностью – 12 + 2,5 мм составил 5,79 %, класса – 2,5 + 0,63 мм составил 9,07 % и класса – 0,63 + 0,071 мм составил 15,75 %;

- выход класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм составил 60,84 %, т. е. основная часть руды представлена тонкими шламистыми классами. Среднее содержание свинца в классе крупностью – 0,071 + 0,00 мм составило 4,0 % и в данный класс извлекается 33,34 % свинца. В этом классе крупности отмечается также присутствие значительного количества глинистой фракции. Далее приведены результаты седиментационного анализа;

- после промывки руды наблюдается неравномерное распределение свинца по классам крупности. В классах крупностью от 20 мм и до 0,071 мм происходит повышение содержания свинца практически в два раза по сравнению с исходным содержанием в руде и колеблется в пределах 11 % - 16 %;

- распределение содержания серебра по классам крупности неравномерное. Во всех классах крупнее 0,071 мм содержание серебра в 1,5 – 2 раза превышает его содержание в руде и колеблется в интервале 44 – 71 г/т, т. е. в данных классах происходит его концентрация. Средневзвешенное содержание серебра в суммарном классе крупностью – 60 + 0,071 мм составило 52,93 г/т, при извлечении серебра 62,09 %. Остальное серебро находится в классе крупностью – 0,071 + 0,00 мм со средним содержанием 20,8 г/т;

- распределение содержаний барита по классам крупности крупнее 0,071 мм практически равномерное и колеблется в пределах 6 % - 10 %. Средневзвешенное содержание барита в классах крупностью – 60 + 0,071 мм составило 8,39 %, т. е почти в два раза выше содержания в руде, а содержание барита в классе крупностью – 0,071 + 0,0 мм составило 2,25 %, т.е. понизилось относительно содержания в руде в два раза.

*Седиментационный анализ.* Для определения гранулометрического состава и характера распределения металлов по классам крупности в классе –0,071 + 0,0 мм, был выполнен седиментационный анализ методом отмучивания. Для расчета конечных скоростей падения зерен разной крупности была принята удельная плотность класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм равная 2,78 г/см<sup>3</sup>, которая определялась пикнометрическим методом. Результаты седиментационного анализа сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Гранулометрический состав класса –0,071 + 0,0 мм и характер распределения свинца, серебра и барита по классам крупности ( $\delta = 2,78 \text{ г/см}^3$ )

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/т	барита, %	свинца	серебра	барита
-0,071 + 0,040	4,26	20,27	58,7	5,26	11,83	7,50	4,82
-0,040 + 0,030	4,26	12,33	38,56	3,48	7,20	4,92	3,19
-0,030 + 0,020	6,69	3,82	28,3	2,30	3,50	5,67	3,31
-0,020 + 0,010	15,51	2,4	20,0	2,12	5,09	9,29	7,07
-0,010 + 0,005	23,12	1,42	13,30	1,85	4,48	9,21	9,20
-0,005 + 0,00	7,00	1,31	6,30	1,23	1,24	1,32	1,83
Итого	60,84	<b>4,0</b>	<b>20,80</b>	<b>2,25</b>	<b>33,34</b>	<b>37,91</b>	<b>29,42</b>
Руда	-	<b>7,30</b>	<b>33,38</b>	<b>4,65</b>	-	-	-

Анализ результатов, приведенных в таблице 5 показывает, что в классе крупностью 0,071 - 0,040 мм содержание составило свинца 20,27 %, серебра 58,7 г/т, барита 5,26 % т.е. повысилось относительно содержания в руде. Выход данного класса крупности составил 4,26 %, при извлечении свинца 11,83 %, серебра 7,50 % и барита 4,82 %.

Общий выход класса крупностью 0,071 - 0,030 мм составил 8,52 % со средним содержанием свинца 16,30 %, серебра 48,63 г/т и барита 4,37 % при извлечении свинца 19,03 %, серебра 12,42 и барита 8,01 %.

Наиболее бедными по содержанию свинца, серебра и барита являются классы крупностью мельче 0,020 мм.

*На основании результатов изучения вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд можно сделать следующие основные выводы:*

- минеральный состав представлен следующими минералами: основными рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %;

- минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются в зернах барита, который при крупности дробления 60 мм наблюдаются в раскрытом виде. Данный факт позволяет утверждать, что для обогащения окисленных свинцово-баритовых руд, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе, центробежная сепарация) для получения черновых концентратов [4];

- изучения гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 39,16 %, в который извлекается свинца 66,66 %, серебра 62,09 % и барита 70,58 %, основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм;
- седиментационным анализом установлено, что наиболее бедными по содержанию свинца, серебра и барита являются классы крупностью мельче 0,020 мм;
- дальнейшие исследования будут направлены на изучение гравитационной обогатимости окисленных свинцово-баритовых руд с использованием процесса отсадки машинных классов крупности 60 – 12 мм, 12 – 1 мм и 1 – 0,0(0,020) мм.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Студенцов В.В. Клец А. Вопросы теории и практики обогащения руд. /Кн. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан // Анализ, запасы, технологии. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 1997.
- 2 Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Госгортехиздат, 1962.
- 3 Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Интермет инжииринг, 2001.
- 4 Королев Н.А., Венгер М.К., Королев И.А., Возная А.А. Использование технологической минералогии при разработке схем обогащения // Вестник Сибирского государственного индустриального университета, 2018 – С. 27-31.

## STUDY OF THE SUBSTANCE AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF OXIDIZED LEAD-BARITE ORE

**Telkov Sh.A.<sup>1</sup>, \*Motovilov I.Y.<sup>1</sup>, Bostandykov A.M.<sup>1</sup>, Barmenshinova M.B.<sup>1</sup>,**  
 0000-0001-6641-4802    0000-0002-0716-402X    0000-0002-5819-4317    0000-0003-0534-2387  
**Zelenskiy V.P.<sup>2</sup>, Malimbaev U.S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>“Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev” NJSC,  
 Almaty, Kazakhstan, \*motovilov88@inbox.ru;  
<sup>2</sup>«Zhairam GOK» JSC, Kazakhstan

**Abstract.** *The paper presents the results of studying the material and granulometric composition of oxidized lead-barite ores of the Ushkatyn-III deposit.*

*The mineral composition of the oxidized lead-barite ores is represented by the following minerals: ore minerals are cerussite ~ 7.6%, galena ~ 5.3%, which fill the gaps between grains of barite. There are rare grains of iron hydroxide and idiomorphic pyrite. Nonmetallic minerals are represented by quartz ~ 56.6%, calcite ~ 10.5%, muscovite ~ 7.7% and orthoclase ~ 3.9%. Mineralogical analysis established that the ore minerals cerussite and galena are mainly found in barite grains, which, when the initial ore is crushed to 60 mm in size, are observed in the open form. This fact makes it possible to assert that, for the enrichment of oxidized lead-baryte ores, it is possible to use gravity enrichment methods (deposition, concentration on the table, centrifugal separation) to obtain leaded lead containing concentrates. Studying the granulometric composition showed that the yields of classes with a size larger than 0.071 mm were 39.16%, and the bulk of the ore is represented by a class of fineness less than 0.071 mm.*