



SATBAYEV
UNIVERSITY



СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ
САТБАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ
SATBAYEV CONFERENCE

**INTERNATIONAL SATBAYEV
CONFERENCE 2023**
«Ғылым және технологиялар: идеядан
өндіріске ендіруге дейін» халықаралық
конференцияның еңбектері



Proceedings of the
**INTERNATIONAL SATBAYEV
CONFERENCE 2023**
«Science and technology:
From idea to implementation»

УДК 001+62
ББК 72+30
I-10

Труды Международной научно-практической конференции «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатбаевские Чтения – 2023). Наука и технологии: от идеи до внедрения».

Шекпаров А.Ж.	–	Член Президиума - Проректор по науке и международному сотрудничеству, председатель
Бактыгали Ж.К.	–	Директор Департамента науки,
Буршукова Г.А.	–	Руководитель Отдела публикационной активности и научных изданий
Сыздыков А.Х.	–	Директор Института геологии и нефтегазового дела
Рысбеков К.Б.	–	Директор Горно-металлургического института
Ускенбаева Р.К.	–	Директор Института автоматизации и информационных технологий
Елемесов К.К.	–	Директор Института энергетики и машиностроения
Куспангалдиев Б.У.	–	Директор Института архитектуры и строительства
Амралинова Б.Б.	–	Директор Института управления проектами
Узбаева Б.Ж.	–	Директор Научной библиотеки

«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатбаев окулары-2023). Ғылым және технологиялар: идеядан өндіріске өндіруге дейін» = «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатбаевские чтения -2023). Наука и технологии: от идеи до внедрения» = «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Satbayev Conference - 2023). Science and technology: from idea to implementation»: Материалы Международной научно-практической конференции – Алматы: КазНУТУ, 2023. -Том 1.- 291 с. – Англ., каз., рус

ISBN 978-601-323-379-6

В сборнике рассматриваются результаты научных исследований в следующих направлениях: Научно-инновационная концепция развития ГМК Казахстана; Вызовы и возможности трансформации ключевых секторов в новых реалиях; Компьютерные науки, инженерия и информационные технологии: от теории к приложениям; Освоение и внедрение инновационных технологий в строительстве гражданских и транспортных сооружений; Инновационные тенденции развития в области машиностроения и энергетики; Современные тенденции развития социально-гуманитарных и экономических наук.

ISBN 978-601-323-379-6
ISBN 978-601-323-373-4

© КазНУТУ им. К.И. Сатпаева

<https://doi.org/10.51301/TSC.2023.v1.05>

Ш.А. Телков, А.Т. Жарылгапова, Н.Ю. Мотовилов*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: i.motovilov@satbayev.university

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СВИНЦОВО-ЦИНКОВОЙ РУДЫ

Аннотация. Исследования полезных ископаемых на обогатимость выполняются с целью технологической оценки и утверждения запасов разведанных месторождений, разработки технологии обогащения полезных ископаемых и получения необходимых исходных данных для проектирования обогатительных фабрик, усовершенствования технологии обогащения на действующих обогатительных фабриках, разработки и испытания новых обогатительных процессов, технологических режимов и схем, флотационных реагентов.

Лабораторные исследования выполняются на лабораторном оборудовании с постановкой отдельных опытов по каждой операции замкнутой технологической схемы. Они предназначены для выяснения возможностей обогащения руды, поисков принципиальной технологической схемы, предварительного определения технологических режимов и показателей переработки руд.

Получение первоначальной информации об объекте, при исследовании полезных ископаемых на обогатимость, осуществляется при изучении вещественного и гранулометрического состава. Полученная информация позволяет сузить область поиска наиболее рациональной технологической схемы обогащения.

В работе представлены результаты изучения вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды одного из месторождений Республики Казахстан с целью выбора дальнейшего направления по разработке рациональной технологии обогащения.

Ключевые слова: вещественный состав, гранулометрический состав, свинец, цинк, серебро.

Введение

Свинец и цинк являются незаменимыми элементами нашей повседневной жизни. Тот же самый аккумулятор без которого машина не сможет даже завестись, те же самые резины в машиностроении, витамины и препараты поддерживающие здоровье и т.д [1]. Свинец и цинк встречаются комплексно, месторождение которых называют полиметаллическим. В них свинец и цинк встречаются виде сульфидных минералов. Кроме этого они могут содержать такие ценные компоненты как, серебро и золото, которые повышают ценность руды.

За последние годы в технологию обогащения полиметаллических руд были внедрены разного рода способы и схемы, которые способствуют улучшению как показателей обогащения, так и комплексности использования сырья. Из за неординарности месторождений, и разности вещественного состава нет единой схемы и способа переработки рудданного типа. На данный момент свинцово-цинковые руды представляются тонкой вкрапленностью ценных компонентов что больше озадачивают специалистов. Найти подходящую технологическую схему и режим переработки при котором, можно максимально извлечь свинец и цинк, а также сопутствующие металлы не так легко как кажется. При тонкой вкрапленности большинства свинцово-цинковых руд, также одноименные концентраты для снижения в них содержание других металлов подвергаются операциям доизмельчения коллективного концентрата. Но для создания рациональных технологий флотации и доизмельчения значительная роль отводится теоретическим исследованиям по изучению вещественного состава руд и продуктов обогащения [2-3].

Авторами работы были выполнены исследования по изучению вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды, с целью выбора дальнейшего направления по разработке рациональной технологии ее обогащения.

Материалы и методы. Объектом исследования являлась полиметаллическая руда одного из месторождений Республики Казахстан.

Для изучения вещественного и granulометрического состава применялись следующие методы и анализы: химические, фазовые (химические), рентгенофазовые, минералогические и ситовые.

Отбор проб для выполнения вышеперечисленных анализов выполнен с использованием стандартных методик рекомендуемых при исследовании полезных ископаемых на обогащаемость, смысл которых заключается во взаимосвязи крупности и массы отбираемой пробы, в которой с достаточной достоверностью сохранены все свойства первоначальной технологической пробы и руды месторождения [4].

Для обогащения полиметаллической руды в дальнейшем планируется рассмотреть комбинированную гравитационно-флотационную схему. Гравитационное обогащение будет использовано как предконцентрация. Для предконцентрации полиметаллических руд применяется обогащение в тяжелых суспензиях и отсадка. При использовании процесса обогащения в тяжелых суспензиях достигаются наиболее высокие показатели, но требуются большие капитальные затраты и т.к. запасы исследуемой руды незначительны, предпочтение следует отдать менее эффективному, но более дешевому процессу отсадки. Практикой установлено, что обогащения отсадкой руд крупностью более 20 мм эффективно протекает в воздушно-золотниковых отсадочных машинах, для эксплуатации которых необходимо организации воздушного хозяйства для подачи в машину сжатого воздуха, что усложняет данный процесс. В связи с этим исходная крупность руды перед гравитационным обогащением принята 16 мм, материал такой крупности может быть предварительно обогащен в диафрагмовых отсадочных машинах [5].

На основании принятой исходной крупности пробы подвергаемой исследованиям составлялась схема проборазделки и были отобраны представительные пробы для изучения вещественного и granulометрического состава.

Ситовой анализ выполнен на автоматическом встряхивателе с использованием следующих размеров сит, мм: 16, 8, 3, 1,5, 0,5, 0,074, 0,04.

Результаты и их обсуждения. Изучение вещественного и химического состава

Вещественный состав изучался рентгено-дифрактометрическим анализом на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $CuK\alpha$ – излучением, β -фильтр. Далее приведены межплоскостные расстояния и фазовый состав образцов (табл.1), результаты полуквантитативного рентгенофазового анализа (табл.2), дифрактограмма пробы (рис.1).

Таблица 1. Межплоскостные расстояния и фазовый состав руды

$d, \text{\AA}$	$I, \%$	Минерал	$d, \text{\AA}$	$I, \%$	Минерал
10,00793	4,4	слюда	2,67004	5,0	-
4,99608	3,7	слюда	2,48699	4,4	-
4,33928	6,2	слюда	2,45541	4,4	-
4,25322	9,7	кварц	2,40383	4,8	-
3,89127	6,4	барит	2,28112	6,6	-
3,69841	4,4	доломит	2,19188	7,4	-
3,57249	8,2	барит	2,11738	6,9	-
3,43324	19,5	барит	2,09799	9,9	-
3,34252	31,2	кварц	2,01662	5,5	-
3,19905	4,5	ПШ	1,99620	3,0	-
3,12338	9,7	шпид	1,97816	3,0	-
3,10181	9,6	барит	1,91023	8,2	-
3,02950	68,1	кальцит	1,87232	5,5	-
2,96476	16,5	галенит	1,81671	5,1	-
2,88698	100,0	доломит	1,80400	6,8	-
2,83258	7,6	барит	1,78759	8,6	-
2,72664	6,0	барит	1,66917	3,3	-

Таблица 2. Результаты полуколичественных рентгенофазовых анализов

Минерал	Формула	Концентрация, %
доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	39,6
кальцит	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	27,6
кварц	SiO_2	11,4
барит	BaSO_4	6,7
сфалерит	ZnS	5,2
галенит	PbS	3,3
пирит	FeS_2	3,0
слюда	$\text{KA}12(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	1,9
церуссит	PbCO_3	1,2

Рентгенофазовым анализом установлено, что основными рудными минералами в исследуемой пробе руды являются – галенит, церуссит, сфалерит и пирит. Основными минералами пустой породы в руде являются – доломит, кальцит, барит, кварц и слюда.

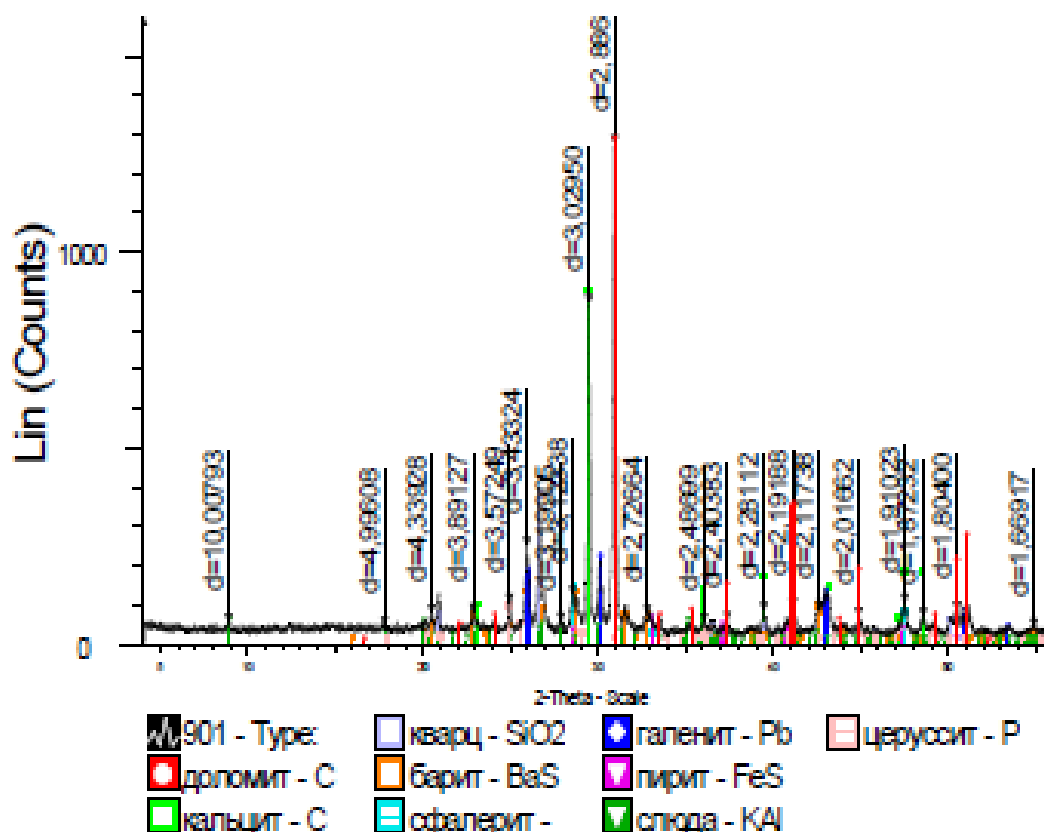


Рисунок 1. Дифрактограмма пробы полиметаллической руды

Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты атомно-эмиссионного полуквантитативного спектрального анализа

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
Au	<0,0002	Ni	0,003
Ag	0,0015	Mo	0,0005
Al	≤1,0	V	0,005
Si	>>1,0	Ga	0,001
Fe	>>1,0	Ge	<0,0002
K	≥1,0	Sr	0,5
Mg	>1,0	Bi	<0,0002
Na	0,1	Nb	<0,001
Mn	≥1,0	Cd	0,02
Ti	0,05	Te	<0,002
Ca	>1,0	Tl	0,001
Cu	0,01	Hg	<0,003
Zn	≤1,0	Y	0,002
Sn	0,0003	Yb	0,0001
Cr	0,002	Be	0,00025
W	<0,002	Ba	>1,0
Pb	>1,0	Ce	0,01
As	0,01	La	0,005
Sb	0,03	Co	0,005
Sc	0,0005	Zr	0,005
Li	<0,002	In	<0,0005
P	<0,07	Ta	<0,01
Pd	<0,0002	Re	<0,0003
Pt	<0,001	Os	<0,001

В таблице 4 приведены результаты химического анализа руды.

Таблица 4. Результаты химического анализа руды

Массовая доля, %									
Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO ₄	Fe	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	S
3,53	1,68	56,1	16,32	1,68	21,75	42,00	16,00	2,92	3,98

По результатам химического анализа, содержание ценных компонентов составило: свинца 3,53 %, серебра 56,1 г/т, цинка 1,68 %. Содержание барита составило 16,32 %, железа общего 1,68 % и серы 3,98 %. Содержание породных минералов составило: кварца 21,75 %, оксида алюминия 2,92 %, кальция 42,00 %, магния 16,00 %.

Результаты фазового анализа свинца и цинка приведены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты фазового анализа свинца

Формы нахождения	Содержание, % (збс.)	Содержание, % (отв.)	Формы нахождения	Содержание, % (збс.)	Содержание, % (отв.)
Свинец			Цинк		
Сульфидный	3,26	92,35	Сульфидный	1,546	92,03
Оксидный	0	0,00	Оксидный	0,039	2,32
Pb-роунт	0,27	7,65	Силикатный	0,095	5,65
Pb общий	3,53	100,0	Zn общий	1,68	100,0

Результаты фазового анализа показали:

- по свинцу: количество свинца в сульфидной форме 92,35 %, свинца в виде пломбозинта - 7,65 %;
- по цинку: количество цинка в сульфидной форме 92,03 %, в окисленной форме 2,32 %, цинка в виде силикатов - 5,65 %.

Минералогический анализ руды. При изучении минералогического состава, выяснилось, что руда представлена сколками доломитизированного известняка, светло-серого цвета, составляющего около 60 %, карбонатно-кремнистой брекчиевидной породы, углистыми алевролитами серовато-черного цвета, яшмой красного цвета и сколками карбонатно-кварц-баритовой породы с густой вкрапленностью сульфидов.

Галенит образует крупные включения неправильной формы с изрезанными краями, размером от 0,05 до 1,0 мм, а также наблюдается в виде реликтов в церуссите (рис. 2 а). В крупных агрегатах галенита встречается вкрапленность идиоморфных или частично ограненных кристаллов пирита, размером до 0,03 мм. Кроме этого галенит выполняет межзерновые пространства между кристаллами нерудных минералов, а также образует крупные включения размером до 1,0 мм, неправильной формы с неровными краями. В случае сфалерита, он образует как отдельные скопления ангдральных зерен, так и вкрапленность в галените, нередко полуовальной, каплевидной формы, а также сростки с галенитом (рисунком 2 б).

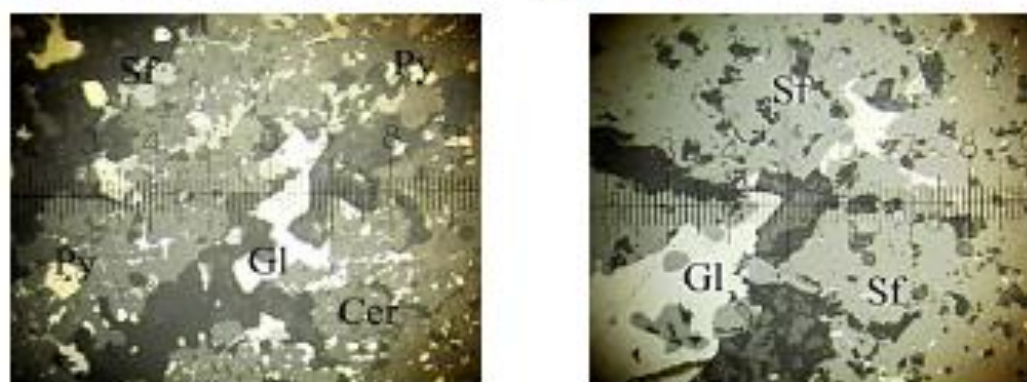


Рисунок 2. а) свинцово-цинковая руда,
б) гнездово-вкрапленная барит-галенит-сфалеритовая руда, ув.160

Изучение гракулометрического состава. Результаты ситового анализа пробы полиметаллической руды с распределением металлов по классам крупности приведены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты ситового анализа пробы полиметаллической руды дробленной до 16 мм

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO ₄	Pb	Zn	Ag	BaSO ₄
-16+8	60,76	3,61	1,79	58,30	15,72	59,15	57,75	56,37	55,17
-8+3	23,54	3,33	1,91	64,20	18,51	21,14	23,88	24,05	25,17
-3+1,5	4,65	3,84	2,12	68,40	19,52	4,81	5,24	5,06	5,24
-1,5+0,5	4,44	4,01	2,21	69,30	19,29	4,80	5,21	4,90	4,95
-0,5+0,074	4,21	5,39	2,42	89,00	20,94	6,12	5,41	5,96	5,09
-0,074+0,04	0,57	7,51	1,97	122,70	34,93	1,15	0,60	1,11	1,15
-0,04+0,0	1,83	5,74	1,97	87,50	30,51	2,83	1,91	2,55	3,23
Итого	100,00	3,71	1,88	62,84	17,31	100,00	100,00	100,00	100,00

По результатам ситового анализа, средневзвешенное содержание компонентов составило: свинца 3,71 %, цинка 1,88 %, серебра 62,84 г/т и барита 17,31 %.

Распределение содержания свинца по классам крупности имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов -16+8 мм 3,61 % к мелким, включительно до -0,074+0,04 мм – 7,51 %.

Содержание цинка имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов -16+8 мм 1,79 % к мелким, включительно до -0,074+0,04 мм – 1,97 %.

Содержание серебра по классам крупности имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов -16+8 мм 58,30 г/т к мелким, включительно до -0,074+0,04 мм – 122,70 г/т.

Содержание барита также имеет неравномерный характер. Наименьшее содержание наблюдается в крупном классе крупностью -16+8 мм и равно 15,72 % и с уменьшением крупности до класса -0,074+0,04 мм увеличивается до 34,93 %.

Т.к. в дальнейшем планируется проведение исследований по предконцентрации отсадкой в качестве машинного класса следует принять класс крупностью -16+3 мм. при дроблении пробы полиметаллической руды до крупности 16 мм выход класса крупностью -16+3 мм составил 84,3 %.

Выводы. Рентгенофазовым анализом установлено, что основными рудными минералами в исследуемой пробе руды являются – галенит, церуссит, сфалерит и пирит. Основными минералами пустой породы в руде являются – доломит, кальцит, барит, кварц и слюда;

Химическим анализом установлено, что в руде содержание свинца 3,53 % и цинка 1,68 %. Помимо свинца и цинка ценным компонентом является серебро, содержание которого составило 56,1 г/т;

По результатам фазового анализа свинца в сульфидной форме 92,35 %, цинка 92,03 %, руда относится к сульфидному типу. Обогащение сульфидных полиметаллических руд осуществляется методом селективной флотации;

Минералогическим анализом установлено, что густая вкрапленность сульфидов наблюдается в сколках карбонатно-кварц-баритовой породе. Наличие сульфидов и барита в отдельных сколках о их большей плотности чем основная масса вмещающих пород и должно благоприятно отразиться на гравитационной предконцентрации отсадкой. Также установлено, что сфалерит образует вкрапление и сростки с галенитом, что может усложнить схему флотацию процессом тонкого доизмельчения свинцового концентрата с целью селекцию свинца и цинка;

Ситовым анализом установлено, что при дроблении пробы руды до 16 мм выход машинного класса, который будет направлен на исследования по предконцентрации составил 84,3 %.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- [1] Купцова Р.Д. (2009). Состояние и перспективы переработки свинцово-цинковых руд. Горный информационно-аналитический бюллетень, 12, 456–460.
- [2] Г.Ж.Нуржанов, П.А. Нипенко. (2022). Особенности вещественного состава свинцово-цинковых руд месторождения Дюсембай Центральный (Центральный Казахстан). Региональная геология и металлогения, 92, 92-104.
- [3] Кондратьева А.А., Брагин В.И., Бурдакова Е.А., Бакшеева И.И., Глушова А.А. (2013). Совершенствование технологии обогащения полиметаллических руд на основе применения сочетаний реагентов собирателей. Горный информационно-аналитический бюллетень, 8, 34-39.
- [4] Леонов С. Б., Белькова О. Н. (2001). Исследование полезных ископаемых на обогатимость. Москва: Интермет Инжиниринг. 631.
- [5] Райчик И.Д. (1998). Отсадка крупнокусковых руд. Москва: Недра, 176.

Ш.А. Телков, А.Т. Жарылгапова, И.Ю. Мотовилов*
Satbayev University, Алматы, Казахстан
*e-mail: i.motovilov@satbayev.university

ҚОРҒАСЫН-МЫРЫШ КЕНІНІҢ ЗАТТЫҚ ЖӘНЕ ГРАНУЛОМЕТРИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Пайдалы кәзбаларды байытуға зерттеу барланған кен орындарының қорларын технологиялық бағалау және бақыту, пайдалы кәзбаларды байыту технологиясын өмірлеу және байыту фабрикаларын жобалау үшін қажетті бастапқы деректерді алу, жәрмәк істеп тұрған байыту фабрикаларында байыту технологиясын жетілдіру, жаңа байыту процестерін, технологиялық режимдер мен схемаларды, флотациялық реагенттерді өмірлеу және сынау мақсатында орындалады.

Зертханалық зерттеулер жабық технологиялық схеманың әрбір операциясы бойынша және текірісбелер қойыла отырып, зертханалық жабдықта орындалады. Олар кенді байыту мүмкіндіктерін анықтауға, негізгі технологиялық сызбаны іздәуға, кенді өңдеудің технологиялық режимдері мен көрсеткіштерін алдым-ала анықтауға арналған.

Пайдалы кәзбаларды байытуға зерттеу кезінде объект туралы бастапқы ақпаратты алу заттық және гранулометриалық құрамды зерттеу кезінде жүзеге асырылады. Алынған ақпарат байытудың өң ұтымды технологиялық сызбасын іздәуді тәрәптүге мүмкіндік бөреді.

Жәрмәк байытудың ұтымды технологиясын өмірлеу бойынша адам ері бағытты таңдау мақсатында Қазақстан Республикасы кен орындарының біріндегі қорғасын-мырыш кенінің заттай және гранулометриалық құрамын зәрделәу нәтижелері ұсынылған.

Негізгі сөздер: заттық құрамы, гранулометриалық құрамы, қорғасын, мырыш, күміс.

Sh.A. Telkov, A.T. Zharylgapova, I.Y. Motovilov*
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: i.motovilov@satbayev.university

STUDY OF THE MATERIAL AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF LEAD-ZINC ORE

Abstract. Mineral processing surveys are carried out for the purpose of technological assessment and approval of reserves of explored deposits, development of mineral processing technology and obtaining the necessary initial data for the design of processing plants, improvement of enrichment technology at existing processing plants, development and testing of new processing processes, technological modes and schemes, flotation reagents.

Laboratory studies are carried out on laboratory equipment with the formulation of separate experiments for each operation of a closed technological circuit. They are designed to find out the possibilities of ore enrichment, search for a basic technological scheme, preliminary determination of technological modes and indicators of ore processing.

Obtaining initial information about the object, when studying minerals for enrichment, is carried out when studying the material and granulometric composition. The information obtained allows us to narrow down the search area for the most rational technological scheme of enrichment.

The paper presents the results of studying the material and granulometric composition of lead-zinc ore from one of the deposits of the Republic of Kazakhstan in order to choose a further direction for the development of rational technology for its enrichment.

Keywords: material composition, granulometric composition, lead, zinc, silver.