

Код МРНТИ 38.39.15

А.Н. Есендосова, А.Д. Маусымбаева, Ф.М. Исатаева, *К.Б. Каскатаева

*Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова»
(г. Караганда, Казахстан)*

ЭНДОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛАЙГЫР

Аннотация. В статье показаны результаты детального изучения минерального состава вмещающих пород месторождения Алайгыр. Представлены характеристика вещественного состава исследованных проб руды, гранулометрический состав дробленого материала с распределением элементов по классам крупности, а также минеральный и химический состав. Был выполнен фазовый анализ серебра и свинца в рудах. Рассмотренный вещественный состав руд показывает связь рудообразования с разновозрастными отложениями. Пересечение рудными телами вулканогенных и осадочных толщ позволяет определить возраст и условия формирования оруденения, что дает возможность более детально изучить полиметаллические месторождения для разработки, доработки и эксплуатации месторождений свинца и цинка.

Ключевые слова: вещественный состав, рудные месторождения, эндогенные формации, минеральный состав, гидротермальный, рудогенез, свинец.

Алайгыр кен орнының эндогендік кенді түзілімдері

Анапта. Мақалада Алайгыр кен орнындағы жыныстардың минералды құрамын егжей-тегжейлі зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттелген кен сынамаларының заттық құрамының сипаттамасы ұсынылған, сонымен қатар элементтердің үлкендік кластары бойынша бөлінуімен ұсақталған материалдың гранулометриялық құрамы, минералды және химиялық құрамы зерттелген, кендердегі күміс пен қорғасынның фазалық талдауы жүргізілген. Кендердің қарастырылған заттық құрамы кен түзілуінің әртүрлі жастағы шөгінділермен байланысын көрсетеді. Кен денелерінің вулканогендік және шөгінді қабаттарды кесіп өтуі кенденудің пайда болу жасы мен жағдайларын анықтауға мүмкіндік береді бұл қорғасын мен мырыш кен орындарын игеру, пысықтау және пайдалану үшін полиметалл кен орындарын егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: заттық құрамы, кен кен орындары, эндогендік түзілімдер, минералды құрамы, гидротермиялық, рудогенез, қорғасын.

Endogenic ore formations of the Alaiyr deposit

Abstract. The article shows the detailed results of studying the composition of the host rocks of the Alaiyr deposit. The characteristics of the studied composition of the studied ore samples are presented and the granulometric composition of the crushed material is also sent with emissions of elements by size class, mineral and chemical composition, an analysis of silver and lead in the ore was performed. The exclusively included composition of ore formation shows the relationship of ore formation with deposits of different ages. The intersection of the ore bodies of volcanogenic and sedimentary strata makes it possible to determine the age and conditions of formation of the bodies, which makes it possible to study polymetallic deposits in more detail for the development, refinement and exploitation of the deposit of lead and zinc.

Key words: expanded composition, ore deposits, endogenous formations, mineral composition, hydrothermal, ore genesis, lead, ore formation, Paleozoic, metamorphism.

Введение

Современные теории рудогенеза отводят важное место глубинным рудообразующим растворам, являющимся источником значительной части рудных месторождений. В связи с этим предпринимались многочисленные попытки выяснить связь эндогенного оруденения с глубинным строением земной коры и верхней мантии. В Центральном Казахстане сосредоточено большинство полиметаллических месторождений как по числу объектов, так и по разнообразию типов. В этом же регионе находится большинство месторождений меди, свинца и цинка, эксплуатируемых в настоящее время. Большие запасы свинца и цинка содержатся в стратиформных месторождениях, среди которых имеются объекты с относительно богатым оруденением.

В настоящее время основные запасы полиметаллических месторождений на ряде вовлеченных в эксплуатацию объектов отработаны, но в зависимости от экономических и горнотехнических условий, а также содержания полезных компонентов

промышленное значение могут иметь месторождения полиметаллических руд с небольшими суммарными запасами (100-200 тыс. т в пересчете на металл), средними (200-500 тыс. т) или крупными (свыше 1 млн т). Поиск и разведка новых перспективных площадей с промышленным оруденением из-за сложных условий размещения свинцо-цинковой минерализации затруднены. Решение данной проблемы является актуальной задачей и требует более детального подхода. В этой связи есть необходимость определения возрастных рубежей рудообразования и взаимосвязи с геодинамической обстановкой.

Казахстан территориально расположен во внутриконтинентальном Урало-Монгольском складчатом поясе [1]. Значительную часть его площади занимают палеозоиды, меньшую – молодые платформы и выступы докембрийского основания. В соответствии с тектоническим районированием и формационно-металлогеническим анализом в складчатых областях палеозоид Казахстана, на основе геосинклинальной

концепции развития^{1, 2} [2, 3] было выделено большое число структурно-металлогенических зон, каждая из которых представляла собой набор разнородных металлогенических комплексов, как правило, не воспроизводимый в других металлогенических зонах, что дало начало существенному снижению прогностической ценности такого рода карт [4].

Палеозойские складчатые области занимают обширную территорию Казахстана, составляя западную часть Центрально-Азиатского пояса, образование которого происходило на протяжении сотен миллионов лет (рис. 1). По возрасту главной складчатости и других ведущих деформаций казахстанские палеозоиды подразделяются на каледониды и варисциды, состоящие из различных тектонических зон. Стратиграфические и магматические комплексы этих зон возникли на месте разнотипных палеоструктур, различавшихся геодинамическими обстановками. Современное изучение геодинамической обстановки палеозоид Казахстана позволяет выяснить возраст

¹Парцлов Ю.С. Генезис основных типов месторождений цветных металлов Казахстана. – Алматы, 2012. – 266 с.

²Байбатша А.Б. Геология месторождений полезных ископаемых. – Алматы, 2008. – 322 с.

Таблица 1

Результаты гранулометрического анализа пробы окисленной руды (Институт ТОМС, 2018 г.)

Кесте 1

Тотыққан кен үлгісінің гранулометриялық талдауының нәтижелері (ТОМС институты, 2018 ж.)

Table 1

Results of granulometric analysis of a sample of oxidized ore (TOMS Institute, 2018)

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Суммарный выход, %	Содержание, % (г/г)*				Распределение, %			
			Pb	Ag*	Fe	S	Pb	Ag	Fe	S
-2+1,7	7,00	100,00	1,67	16,2	0,85	0,088	2,86	7,42	6,39	5,05
-1,7+1,0	24,36	93,00	1,27	10,2	0,70	0,083	7,56	16,22	18,39	16,53
-1,0+0,85	5,50	68,64	2,29	14,3	0,51	0,092	3,08	5,14	3,03	4,14
-0,85+0,5	13,80	63,14	2,51	14,1	0,82	0,096	8,46	12,70	12,21	10,83
-0,5+0,425	5,20	49,35	3,35	13,9	0,83	0,10	4,26	4,72	4,66	4,25
-0,425+0,3	6,67	44,14	2,95	14,4	1,03	0,10	4,81	6,27	7,41	5,45
-0,3+0,212	5,34	37,47	3,71	16,9	1,12	0,11	4,84	5,89	6,45	4,80
-0,212+0,14	5,75	32,13	4,64	15,1	0,78	0,11	6,51	5,67	4,84	5,17
-0,14+0,106	3,42	26,39	5,45	19,3	0,94	0,16	4,55	4,31	3,47	4,47
-0,106+0,075	3,27	22,97	8,88	21,8	1,28	0,15	7,10	4,66	4,52	4,01
-0,075+0,053	2,95	19,69	6,58	18,8	0,88	0,16	4,74	3,62	2,80	3,86
-0,053+0,045	0,25	16,74	4,60	19,6	1,32	0,14	0,28	0,31	0,35	0,28
-0,045+0,038	1,91	16,50	5,90	20,0	1,02	0,20	2,75	2,49	2,10	3,12
-0,038+0,020	2,50	14,59	8,42	21,6	1,37	0,21	5,14	3,52	3,69	4,29
-0,020+0	12,09	12,09	11,2	21,6	1,51	0,24	33,08	17,05	19,70	23,73
Итого	100,0	–	4,09	15,3	0,93	0,12	100	100,0	100,0	100,0

стратиграфических, интрузивных комплексов, а также пород офиолитовой ассоциации. Сопоставляя новые данные, авторы обобщили и показали основные этапы формирования и особенности геологической структуры полиметаллического оруденения, необходимые для дальнейшего изучения Центрального Казахстана.

Методика исследования

Среди типов полиметаллических месторождений один из важнейших – гидротермальный, очень широко распространенный по всему миру и являющийся значимым источником железа, меди, свинца, цинка, молибдена, золота, вольфрама, олова и других металлических минералов, что привлекает к нему внимание минералогов всего мира и придает ему очень важное экономическое и промышленное значение.

В рамках работы по разработке рациональной технологии обогащения руд месторождения Алайгыр в Институте ТОМС проведена комплексная научно-исследовательская

работа, а также осуществлен анализ ранее выполненных исследований. Компанией Wardell Armstrong International (WAI) были изучены четыре пробы руды: окисленная Восточного и Западного участков, рядовая сульфидная и богатая сульфидная. Из двух проб окисленной руды (участки Западный и Восточный) была сформирована композитная проба (50:50), на которой были выполнены технологические испытания методом флотации, исследования по сгущаемости и фильтруемости продуктов обогащения, изучен вещественный состав руды³. В 2018 г. Институтом ТОМС были исследованы 5 вариативных проб, отобранных с различных глубин залегания на месторождении Алайгыр. На пробах определены индексы абразивности и установлена степень упорности руды к измельчению в мельнице полусамозмельчения в соответствии с методиками Джона Старки SAGDesign Test [5]. В 2018 г. были

исследованы две композитные пробы руды месторождения Алайгыр – окисленная и сульфидная.

На основе анализа материалов установлена двухэтапность оруденения на месторождении Алайгыр. В каждом из этапов выделен ряд последовательных стадий продуктивного минералообразования и определена закономерность распределения основных рудообразующих и сопутствующих компонентов, в том числе золота, серебра и других элементов примесей.

Район месторождения расположен в восточной части Успенского синклинория, являющегося одной из палеозойских структур Центрального Казахстана. Для него характерны линейные складки, вытянутые в северо-восточном направлении, с крутыми залеганиями крыльев, продольными сдвигами, надвигами и расланцеванием⁴.

Процесс образования месторождения условно разделен на три стадии. В первую, дорудную стадию широко

³Медведев В.К. Разведка свинцового месторождения Алайгыр. – Караганда, 1988. – 15 кн.

⁴Доразведка свинцового месторождения Алайгыр. / Отчет Алайгырской партии о доразведке свинцового месторождения Алайгыр. – Караганда: Тау-Кен Самрук, 2018. – 263 с.

Таблица 2
 Результаты гранулометрического анализа пробы сульфидной руды (Институт ТОМС, 2018 г.)
 Кесте 2
 Сульфидті кен үлгісінің гранулометриялық талдауының нәтижелері (ТОМС институты, 2018 ж.)
 Table 2
 Results of granulometric analysis of a sample of sulfide ore (TOMS Institute, 2018)

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Суммарный выход, %	Содержание, % (г/т)*				Распределение, %			
			Pb	Ag*	Fe	S	Pb	Ag	Fe	S
-2+1,7	9,24	100,00	3,51	17,9	0,79	0,68	6,54	7,02	7,94	6,74
-1,7+1,0	32,65	90,76	3,43	16,8	0,70	0,70	22,61	23,27	24,93	24,37
-1,0+0,85	5,94	58,11	4,20	19,9	0,63	0,79	5,04	5,01	4,08	5,00
-0,85+0,5	13,44	52,17	4,37	20,2	0,66	0,85	11,85	11,52	9,67	12,18
-0,5+0,425	4,47	38,73	4,19	19,8	0,93	0,83	3,78	3,75	4,53	3,95
-0,425+0,3	6,06	34,26	4,42	19,4	0,96	0,83	5,41	4,99	6,35	5,37
-0,3+0,212	4,85	28,20	4,33	21,3	0,86	0,90	4,24	4,38	4,55	4,65
-0,212+0,14	3,86	23,35	4,92	21,8	1,14	1,00	3,83	3,57	4,80	4,12
-0,14+0,106	3,26	19,49	5,19	22,4	1,24	1,05	3,42	3,10	4,41	3,65
-0,106+0,075	2,47	16,23	5,56	26,7	1,37	1,21	2,78	2,80	3,70	3,19
-0,075+0,053	2,20	13,76	7,10	31,6	1,60	1,47	3,16	2,95	3,85	3,45
-0,053+0,045	0,25	11,55	7,56	33,6	1,74	1,51	0,38	0,36	0,47	0,40
-0,045+0,038	1,35	11,30	10,50	41,1	1,67	1,92	2,87	2,36	2,47	2,77
-0,038+0,020	1,95	9,95	11,60	53,7	1,60	2,34	4,58	4,45	3,41	4,88
-0,020+0	8,00	8,00	12,10	60,3	1,70	1,79	19,53	20,46	14,83	15,26
Итого	100,0	-	4,95	23,57	0,92	0,94	100,0	100,0	100,0	100,0

проявились метасоматические изменения эффузивных пород – серицитизация, окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, баритизация и альбитизация. Они прослеживаются непрерывной полосой вдоль зон

тектонических нарушений. Руды, возникшие во вторую стадию, имеют прожилково-вкрапленное и вкрапленное строение, несут все признаки типичного гидротермального метасоматического образования.

Основной минерал – галенит – присутствует в виде вкраплений, реже – в виде тонких жилок в трещинах. Местами, совместно со сфалеритом, пиритом, кальцитом и баритом, галенит слагает небольшие гнезда сплошных руд. В третью, завершающую рудный процесс стадию возникли пирит-серицитовые, карбонатные и баритовые прожилки.

Строение руд свидетельствует о том, что осаждение барита, галенита и других минералов происходило в открытом поровом пространстве и при частичном растворении известняков вдоль пути просачивания металлоносных растворов. Текстурированный рисунок руд во многом контролируется геометрией распределения в известняках пористых участков, алевролитовых слоев, в том числе разделяющих интракластовые блоки, появившиеся еще на стадии формирования рифовых построек, трещиноватых и брекчированных зон. То есть в период накопления рудного вещества карбонатные отложения были не полностью литифицированы, постседиментационная перекристаллизация кальцита

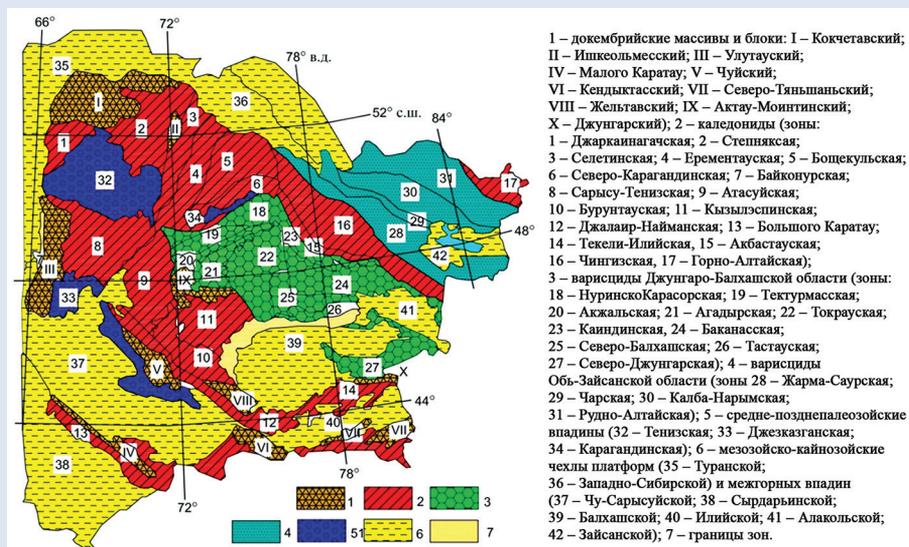


Рис. 1. Геологическое строение и этапы тектонической эволюции палеозойд Казахстана.

Сурет 1. Қазақстан палеозойдтарының геологиялық құрылысы және тектоникалық эволюциясының кезеңдері.

Figure 1. Geological structure and stages of tectonic evolution of the paleozooids of Kazakhstan.

Таблица 3

Химический состав проб руды

Кесте 3

Кен үлгілерінің химиялық құрамы

Table 3

Chemical composition of ore samples

Элементы, компоненты	Проба руды / Массовая доля в пробе, % (г/т)*								
	АО «Уралмеханобр», 2014 г.	Metso, 2016 г.		Wardell Armstrong International, 2018 г.				ТОМС, 2018 г.	
	Композит	Окисленная	Смешанная	Окисленная Западная	Окисленная Восточная	Рядовая сульфидная	Богатая сульфидная	Окисленная (ALGO)	Сульфидная (ALGS)
SiO ₂	68,80	69,16	70,38	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	72,5	71,4
Al (Al ₂ O ₃)	(13,2)	6,39	5,78	5,46	6,56	5,58	5,15	7,3	6,61
Ca	0,28	0,15	0,22	0,06	0,04	0,46	0,15	0,12	0,54
Mg (MgO)	(0,22)	0,02	0,01	0,15	0,68	0,08	0,05	(0,302)	(0,246)
K (K ₂ O)	(8,70)	6,93	6,36	3,27	4,04	2,62	2,62	5,65	4,98
Na (Na ₂ O)	(0,18)	0,01	0,01	0,08	0,02	0,09	0,13	< 1,0	< 1,0
Mn (MnO)	(0,027)	0,01	0,02	0,015	0,022	0,015	0,006	(0,030)	(0,043)
Ti (TiO ₂)	(0,20)	–	–	0,09	0,10	0,09	0,09	(0,208)	(0,208)
Fe _{общ.}	1,13	1,07	1,07	0,62	0,45	0,59	0,41	1,01	1,01
Fe _{сульфид.}	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,15	0,47
Fe _{окисл.}	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,86	0,54
Pb _{общ.}	3,82	4,92	5,92	3,55	3,47	4,64	14,53	3,75	4,07
Pb _{окисл.}	–	–	–	3,35	3,18	2,09	2,31	3,06	1,49
Pb _{сульф.}	–	–	–	0,20	0,29	2,55	12,22	0,69	2,58
S _{общ.}	0,80	1,10	1,74	0,15	0,04	0,91	2,69	0,13	0,82
Cu	0,016	0,022	0,016	0,010	0,003	0,012	0,016	0,0095	0,012
Zn	0,018	0,14	0,21	0,008	0,009	0,12	0,31	0,0094	0,053
Ba	0,39	–	–	0,548	0,112	0,241	0,023	0,462	0,445
Bi	< 0,005	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0010	< 0,0010
Cd	< 0,005	0,0009	0,0024	< 0,0001	< 0,0001	0,0008	0,0023	< 0,0002	< 0,0002
Ni	< 0,005	0,019	0,019	0,0008	0,0005	0,0006	0,0006	< 0,005	< 0,005
Sb	< 0,005	0,0055	0,0012	0,0022	< 0,0001	0,0027	0,0053	< 0,005	< 0,005
As	0,0033	0,005	0,006	0,005	0,003	0,003	0,004	0,0052	0,0032

и других минералов затронула не весь объем рифогенных отложений, и в них сохранились проницаемые для гидротерм участки.

Гидротермальные преобразования околорудных измененных пород на месторождении проявлены довольно интенсивно, прослеживаясь в виде вытянутой непрерывной

полосы вдоль рудных тел и зон тектонического дробления, имея мощность от 15-20 м до 80-100 м. Наиболее широким развитием и интенсивностью отличаются процессы серицитизации, окварцевания, пиритизации и калишпатизации, меньшим – хлоритизации, баритизации и альбитизации; последние три

проявлены узко локально вблизи рудных тел, зон дробления и расланцевания. На основании всестороннего изучения соотношений различных новообразованных минералов между собой устанавливается наличие двух основных стадий гидротермальных изменений вмещающих пород – дорудной и рудной.

Таблица 4

Результаты количественного минералогического анализа

Кесте 4

Сандық минералогиялық талдау нәтижелері

Table 4

Results of quantitative mineralogical analysis

Элементы, компоненты	Проба руды / Массовая доля в пробе, %							
	ОАО «Уралмеханобр», 2014 г.	Metso, 2016 г.		Wardell Armstrong International, 2018 г.			ТОМС, 2018 г.	
	Композит	Окисленная	Смешанная	Рядовая сульфидная	Окисленная Западная	Окисленная Восточная	Окисленная (ALGO)	Сульфидная (ALGS)
Породообразующие:								
- кварц	37,0	19,23	26,07	38,9	50,8	57,2	46,0	41,0
- полевые шпаты	51,0	35,36	29,50	35,7	23,2	6,1	36,0	45
- слюды	5,0	33,67	27,38	12,5	13,5	25,9	10,0	5,5
- прочие силикаты	–	3,83	4,49	3,3	3,4	5,0	–	–
- карбонаты (кальцит, доломит)	< 1	–	–	0,7	< 10,1	< 10,1	–	–
Рудообразующие:								
- галенит	3,0	3,8	5,08	4,1	0,7	0,3	0,8	3,0
- вторичные минералы свинца (церуссит и др.)	2,0	2,27	4,81	1,7	5,8	4,1	4,0	2,0
- сфалерит	< 11	0,12	0,41	0,1	–	< 10,1	–	1,0
- пирит	1,0	0,05	0,86	0,6	< 10,1	< 10,1		
- сульфиды меди (халькопирит и др.)	< 11	< 10,1	< 10,1	< 10,1	< 10,1	< 10,1		
- оксиды железа	< 11	0,16	0,12	1,5	1,8	1,0	1,5	1,0
Акцессорные:	< 11	1,44	1,21	0,7	0,5	0,3	1,7	1,5

В отложениях девона-карбона локализовано довольно значительное количество свинцово-цинковых, свинцовых и медных месторождений (Алайгыр, Успенское), которые являются самостоятельными рудными формациями, но одной ассоциацией. Месторождение Алайгыр входит в группу эндогенных рудных формаций цветных металлов Прибалхашья, минеральный тип которых – серицит-кварц-сфалерит-галенитовый.

Хлоритизация, березитизация, калишпатизация являются метасоматическими фациями; сфалерит, пирит и галенит – основными рудными минералами.

Главные рудные минералы месторождения – сфалерит и галенит, нерудные – кальцит, барит и кварц. Пирит является второстепенным минералом и, главным образом, встречается в низкотемпературной

кварц-карбонатной ассоциации. Наиболее распространенные элементы-примеси – кадмий и серебро, нередко встречаются ртуть, сурьма, мышьяк, золото, германий, таллий.

Околорудные изменения вмещающих пород в основном зависят от их литологического состава. В карбонатных и кремнисто-карбонатных породах широко развиты перекристаллизация, окварцевание, баритизация, в меньшей степени – хлоритизация. Последняя наиболее распространена в штокообразных интрузивных телах и дайках. В рудовмещающих песчаниках обычно устанавливается серицитизация. Околорудные изменения окружают рудные тела нешироким ореолом.

В рудах, кроме свинца, установлены цинк, медь, серебро, таллий, селен, теллур. Околорудные изменения пород – интенсивные. На Алайгыре развита дорудная

и сорудная стадии изменения пород. В дорудную проявились серицитизация, окварцевание, пиритизация, ортоклазизация, карбонатизация; сорудные изменения – альбитизация, серицитизация, окварцевание, пиритизация.

Руды месторождения Алайгыр, возможно, также подвергнуты метаморфизму (хотя этим выводам противоречат данные определения возраста руд модельным свинцовым методом) под воздействием гранитов и, вероятно, плутонов. Это подтверждается установленными фактами их пересечения апофизами массива, а также значительной перекристаллизацией руд. Косвенным доказательством может являться монометаллический свинцовый характер с весьма малой примесью цинка, тогда как в ближайших проявлениях развиты свинцово-цинковые руды. Не исключена

возможность того, что руды были переотложены с автолизией [6].

Результаты и их обсуждение

Для определения характера распределения основных рудных элементов по классам крупности на пробах руды ALGO (окисленной) и ALGS (сульфидной) месторождения Алайгыр был выполнен гранулометрический анализ. При выполнении анализа в каждом классе определяли содержание свинца, серебра, железа, серы и распределяли их по классам крупности. Гранулометрический состав проб приведен в табл. 1 и 2. По данным гранулометрического анализа проб руды месторождения Алайгыр, установлено, что основной выход материала (от 49,35% до 52,17%) в пробах руды приходится на интервал крупности $-2 + 0,5$ мм. Повышенным значением выхода материала характеризуется также шламовый класс $-0,020 + 0 - 8,0 - 12,09\%$. В промежуточных классах крупности выход варьирует от 0,2% до 6,67%. Содержание свинца в пробе ALGO по данным ситового анализа составляет 4,09% с колебаниями по классам крупности от 1,27% до 11,2%. В пробе сульфидной содержание металла несколько выше – 4,95%, варьирует от 3,51% до 12,1%. Распределение свинца по классам крупности неравномерное, с колебаниями по содержанию в сторону увеличения в тонких классах. В обеих пробах месторождения Алайгыр модальный пик по количеству свинца фиксируется в шламовом классе, на который приходится 19,53-33,08% ценного компонента.

Все исследованные пробы руды по минеральному составу на 87,4-94,2% представлены пороодообразующими минералами, основными из которых являются кварц, полевые шпаты и слюды. На долю кварца в различных пробах руды приходится от 19,2% до 57,2%, наиболее высокое количество отмечено в окисленных пробах. Доля полевых шпатов в пробах руды составляет 23,2-51,0%.

Наиболее низким содержанием выделяется проба окисленной руды участка Восточный, в которой доля полевых шпатов составила лишь 6,1%. Количество слюды по данным исследований различных проб

руды составляет от 5% до 33,67%. Рудная минерализация представлена галенитом, вторичными минералами свинца, сфалеритом, пиритом и оксидами железа.

В небольшом количестве (менее 1%) в руде присутствуют сульфиды меди. Количество галенита в пробах руды составляет 3,0-5,1%. Окисленные пробы руды, изученные в компании WAI и институтом ТОМС, выделяются более низким содержанием галенита: 0,3-0,8%. Доля вторичных минералов свинца в пробах руды в разных пробах находится в диапазоне 1,7-5,8%.

В табл. 3 и 4 представлены результаты химического состава проб руды и количественного минералогического анализа.

Заключение

Таким образом, рудовмещающими породами являются вулканы кислого состава. По результатам анализа выявлен состав проб, которые состоят из эффузивных и вулканогенно-обломочных пород, претерпевших метаморфизм различной интенсивности. Породы в пробах представлены риолитами, туфами кислого состава и метасоматитами разного состава. В породах наблюдается сеть кварцевых и доломитовых прожилков различной мощности. Некоторые породы имеют гематитовые и лимонитовые прожилки, корки и налеты. В пробах широко развит галенит, редко встречаются сфалерит, пирит, блеклая руда, ковеллин и марказит отмечаются в количестве единичных зерен. Окисленные минералы присутствуют в виде гидроксидов Fe.

При изучении химического состава выявлено, что литофильные компоненты в составе всех типов руды месторождения Алайгыр существенно преобладают над рудообразующими. Основным из них является кремнезем. Его содержание в пробах находится на одном уровне и составляет 68,8-72,5%. Доля остальных литофильных компонентов варьирует в широком диапазоне. Из них преобладают алюминий и калий (5,15-7,3% и 2,62-6,93%, соответственно). Рудообразующие элементы представлены железом, свинцом, цинком и

серой. Массовая доля $Fe_{общ.}$ в пробах руды месторождения Алайгыр варьирует в диапазоне 0,41-1,13%; доля серы в пробах составляет 0,04-2,69%; содержание цинка находится в диапазоне 0,008-0,31%; доля свинца в исследованных пробах составила 3,47-5,92%, а в пробе богатой сульфидной руды этот показатель достиг 14,53%. По данным компании WAI, окисленные пробы руды в большей степени представлены окисленной минерализацией (91,6%). В пробах Восточного и Западного участков свинец находится в составе окисленных минералов (94,4%). В пробе рядовой сульфидной руды 45% свинца находится в окисленной форме, в пробе богатой сульфидной руды – 15,9%. Широко развиты субвулканические тела кварцевых порфиров, фельзит-порфиров, с которыми парагенетически связаны свинцовое и свинцово-цинковое оруденение месторождения Алайгыр. Рудная минерализация контролируется продольными межформационными и внутриформационными зонами дробления. Форма рудных тел – линзы, жилы и линзообразные тела, иногда расположенные кулисообразно. Внутреннее строение рудных тел сложное, особенно на Алайгыре.

Участки бедного вкрапленного оруденения сочетаются с прожилками, гнездами, крупными обособлениями богатых руд. В основном преобладают галенитовые руды, что говорит о характерной монометалльности. На месторождении Алайгыр пирит, галенит, сфалерит чаще всего выполняют мельчайшие интерстиции и короткие трещинки гидротермально измененных кварцевых порфиров, образуя мелкозернистые прожилково-вкрапленные руды. Часто отмечаются гнездообразные скопления крупнозернистого галенита с подчиненным количеством кальцита и барита. Повсеместно развита зона окисления, которая проработана до глубины 200-250 м. Из гипергенных минералов преобладают церуссит, пироморфит, англезит, бедандит. Реже встречаются смитсонит и вторичные соединения железа и марганца.

Ценным компонентом в пробах руды месторождения Алайгыр является свинец, серебро может извлекаться попутно. Содержание серебра находится на уровне 12,4-28,1 г/т, исключения составляют богатая сульфидная проба с содержанием 64,5 г/т и окисленная проба руды с участка Восточный с содержанием менее 0,5 г/т. Другие цветные металлы, а также вредные примеси, такие как сурьма и мышьяк, не превышают сотых и тысячных долей процента, не представляют промышленной ценности и не повлияют на переработку руды. 5. Все исследованные пробы руды по минеральному составу на 87,4-94,2% представлены породообразующими минералами, основными из которых являются кварц, полевые шпаты и слюды. Рудная

минерализация в пробах представлена различными сульфидами, оксидами и гидроксидами железа, а также окислами свинца.

В период усложнения геологоразведочных работ, когда требуется выявить объективные закономерности развития геологоразведочного производства как специфической сферы экономической деятельности, особую значимость приобретает объективная геолого-экономическая оценка месторождений. К тому же, такая оценка более близка к фактически сформировавшемуся рынку с представлением реального состояния субъекта и предполагаемых перспектив его продвижения в конкурентной среде. Помимо сказанного, актуализируются потребность в достоверной геолого-экономической

оценке месторождений, располагающих прогнозными ресурсами полезных ископаемых, но характеризующихся низкой степенью изученности и не имеющих необходимой инфраструктуры, перемещение геологоразведочных работ в труднодоступные районы, ухудшение горно-геологических параметров разработки, что неизбежно требует внедрения в производственный процесс инноваций [2].

Востребованность настоящего исследования подкрепляется попыткой оценить воздействие информационно-коммуникационных технологий на обобщающие показатели деятельности горнодобывающих предприятий, их позиционирование на рынке и открывающиеся перспективы в социально-экономическом продвижении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конкин В.Д., Донец И.А., Ручкин Г.В. Минералого-геохимические типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах. // Отечественная геология. – 2018. – №4. – С. 52-62 (на русском языке)
2. Aubakirova G., Rudko G., Isataeva F. Оценка деятельности металлургических предприятий Казахстана в контексте мировых тенденций. // Экономические анналы – XXI. – 2021. – №187(1-2). – С. 121-130 (на английском языке)
3. Steiger R.H., Jäger E. Подкомиссия по геохронологии: конвенция об использовании констант распада в гео- и космохронологии. // Письма по науке о Земле и планетах. – 1977. – Вып. 36. – №3. – С. 359-362 (на английском языке)
4. Мазуров А.К. Металлогеническое районирование Казахстана. // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №4. – С. 33-39 (на русском языке)
5. Kuehner E.C., Alvarez R., Paulsen P.I., Murphy T.I. Производство и анализ специальных особо чистых кислот, очищенных субкипящей перегонкой. // Аналитическая химия. – 1972. – Вып. 44. – №12. – С. 2050-2056 (на английском языке)
6. Парилов Ю.С., Михалева В.А., Ешкеева Н.Т. Экспериментальная проверка достоверности термометрии по флюидным включениям применительно к сульфидным месторождениям. // Геология рудных месторождений. – 1990. – №4. – С. 106-112 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Конкин В.Д., Донец И.А., Ручкин Г.В. Карбонатты қабаттардағы қабаттық қорғасын-мырыш кен орындарының минералогиялық-геохимиялық түрлері және аймақтық геологиялық ерекшеліктері. – 2018. – №4. – С. 52-62 (орыс тілінде)
2. Aubakirova G., Rudko G., Isataeva F. Қазақстандағы металлургиялық кәсіпорындардың қызметін халықаралық тенденциялар контекстінде бағалау. // Экономикалық жылнама – XXI. – 2021. – №187(1-2). – Б. 121-130 (ағылшын тілінде)
3. Steiger R.H., Jäger E. Геохронология бойынша кіші комиссия: Гео- және космохронологияда ыдырау тұрақтыларын пайдалану туралы конвенция. // Жер және планеталық ғылым хаттары. – 1977. – Шығ. 36. – №3. – Б. 359-362 (ағылшын тілінде)
4. Мазуров А.К. Қазақстанның металлогендік аудандастырылуы. // Томск политехникалық университетінің еңбектері, 2005. В. 308. № 4. Б. 33-39 (орыс тілінде)
5. Kuehner E.C., Alvarez R., Paulsen P.I., Murphy T.I. Қайнау айдау арқылы тазартылған арнайы жоғары таза қышқылдарды алу және талдау. // Аналитикалық химия. – 1972. – Шығ. 44. – №12. – Б. 2050-2056 (ағылшын тілінде)

6. Париллов Ю.С., Михалева В.А., Ешкеева Н.Т. Сульфидті шөгінділерге қатысты сұйықтық қосындылары арқылы термометрияның сенімділігін эксперименттік тексеру. // Кен орындарының геологиясы. – 1990. – №4. – Б. 106-112 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Konkin V.D., Donets I.A., Ruchkin G.V. Mineralogo-geoхимические типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах [Mineralogical and geochemical types and regional geological features of stratiform lead-zinc deposits in carbonate strata]. // Отечественная геология = Domestic geology. – 2018. – №4. – P. 52-62 (in Russian)
2. Aubakirova G., Rudko G., Isataeva F. Assessment of metallurgical enterprises activities in Kazakhstan in the context of international trends. // Economic Annals-XXI. – 2021. – №187(1-2). – P. 121-130 (in English)
3. Steiger R.H., Jäger E. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. // Earth and Planetary Science Letters. – 1977. – Vol. 36. – №3. – P. 359-362 (in English)
4. Mazurov A.K. Metallogenическое районирование Казахстана [Metallogenic zoning of Kazakhstan]. // Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta = Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. – 2005. – Vol. 308. – №4. – P. 33-39 (in Russian)
5. Kuehner E.C., Alvarez R., Paulsen P.I., Murphy T.I. Production and analysis of special high-purity acids purified by sub-boiling distillation. // Analytical Chemistry. – 1972. – Vol. 44. – №12. – P. 2050-2056 (in English)
6. Parilov Yu.S., Mikhaleva V.A., Eshkeeva N.T. Экспериментальная проверка достоверности термометрии по флюидным включениям применительно к сульфидным месторождениям [Experimental verification of the reliability of thermometry by fluid inclusions in relation to sulfide deposits // Геология рудных месторождений = Geology of ore deposits. – 1990. – №4. – P. 106-112 (in Russian)

Сведения об авторах:

Есендосова А.Н., докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), ainelesendosova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7415-3630>

Маусымбаева А.Д., канд. техн. наук, PhD, старший преподаватель кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), aliya_maussym@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7214-8026>

Исатаева Ф.М., PhD, заведующая кафедрой «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), adambekova_farid@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6208-3292>

Қасқатаева К.Б., докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), aigakk@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5968-529X>

Авторлар туралы мәлімет:

Есендосова А.Н., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының PhD докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Маусымбаева А.Д., техника ғылымдарының кандидаты, PhD, «Әбілқас Сағитнов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Исатаева Ф.М., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының меңгерушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Қасқатаева К.Б., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Esendosova A.N., PhD Student at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Maussymbayeva A.D., Candidate of Technical Sciences, PhD, Senior Lecturer at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Sagitnov» (Karaganda, Kazakhstan)

Isataeva F.M., PhD, Head at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Sagitnov» (Karaganda, Kazakhstan)

Kaskataeva K.B., Doctoral Student at the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Исследование выполнено в рамках государственного гранта «Совершенствование геолого-экономической оценки горно-металлургических предприятий в контексте их соответствия международным трендам и цифрового реформирования» (AP14872003, 2022).