УДК 549.1 + 550.42

В.О.ИЛЬЧЕНКО
Геолого-разведочный факультет,
аспирант кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД ПАВЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (архипелаг Новая Земля)

Рассмотрены минералого-геохимические особенности перспективного полиметаллического месторождения на арх. Новая Земля. Изучен минеральный состав руд и их текстурно-структурные характеристики. Определен набор элементов-примесей (Ag, Cd, Ge, Ga, In и др.) и характер распределения. Установлены элементы геохимической зональности.

In this article considered mineralogical-geochemical particularities of perspective polymetallic deposit on arhipelago Novaya Zemlya. Explored mineral composition of ores (pyrite, galena, sphalerite) and their texture-structured particularities. Determined kit of trace-elements (Ag, Cd, Ge, Ga, In and others) and revealled regularities of their distribution. Established elements an geochemistry zoning of deposit.

На арх. Новая Земля наиболее значимым является Павловское месторождение, обнаруженное в 1991 г. на северо-западе Южного острова, в бассейне р.Безымянной. В 1998 г. на данной территории был выделен Безымянский рудный узел, включающий кроме Павловского месторождения еще несколько рудопроявлений (Северное, Перевальное и др.) полиметаллических руд.

Месторождение приурочено к зоне взаимодействия крупных региональных разломов (Главный Новоземельский и Байдарацкий) и локализовано на крыльях интенсивно деформированной Безымянской антиклинали с размахом крыльев 2-4 км в карбонатных породах раннего девона, перекрытых мощной толщей среднедевонских глинистых отложений. Рудное тело имеет максимальные раздувы мощности в ядре структуры и лентовидную конфигурацию на флангах, границы выражены относительно резкой сменой (в интервалах 0,1-5 м) безрудных карбонатных пород слабо оруденелыми и собственно рудой*.

Руды Павловского месторождения в целом относятся к типу серебросодержащих свинцово-цинковых колчеданных и характеризуются содержанием свинца 1-2,9 %, цинка 1,6-17 %, высокими содержаниями сульфидной серы (17-30 %) и кремнезема (до 15,5 %). Специфической особенностью руд является наличие примесей $C_{орг}$ (0,26 %) и бария (0,24 %).

Среди рудных минералов на месторождении установлены пирит, сфалерит, галенит, являющиеся главными; буланжерит, геокронит, аргентит, мираргирит, пираргирит – редкие, отмеченные в единичных образцах; среди нерудных минералов – кварц, кальцит, доломит, в качестве акцессорных – апатит, рутил, эпидот, мусковит, клинохлор, характерно присутствие антраксолита, альбита и кимрита.

В рудах развиты массивные, брекчиевые и прожилково-гнездово-вкрапленные текстуры, проявлены катаклаз, внутрирудные и пострудные деформации. Рудные минералы представлены смесью агрегатов различных генераций с широко проявленными колломорфными, кристаллическими тонко- и мелкозернистыми структурами.

Пирит является наиболее распространенным минералом руд; его содержание

*Новое месторождение серебросодержащих свинцово-цинковых руд на архипелаге Новая Земля / А.П.Каленич, В.Д.Крюков, А.В.Ласточкин и др. // Разведка и охрана недр. 2002. № 9. С.20-23.

в массивных колчеданных рудах варьирует от 5 до 90 %. Форма и взаимоотношения пирита с другими минералами весьма разнообразны: ранние – колломорфные с концентрически-зональной структурой и сферические радиально-лучистые агрегаты, более поздние – кристаллически-зернистые, часто с реликтами раннего пирита, для них типичны и гипидиоморфные кристаллы, скелетные и неправильные зерна размером 0,01-2 мм с ровными и слабо извилистыми гранями. В пирите наблюдаются включения галенита, сфалерита, кварца и карбонатов размером 0,005-0,01 мм, редко более.

Основными примесями в пирите являются цинк, свинец, таллий, серебро, никель и кадмий, реже отмечаются олово, кобальт и индий, г/т:

	Крупнокристаллический	Радиально-лучистый	Мелкозернистый
Tl	0-230	640-860	150-500
Ag	3-20	13-80	34-64
Cd	0-50	50-100	50-200
Ni	0-5	0-15	7-14
In	0-3	0-9	1-20

Примеси Zn, Pb, Ag и Cd обусловлены наличием микровключений сфалерита и галенита. В пирите из прожилково-вкрапленных руд отмечается повышенное содержание Sn и Co (табл.1).

Сфалерит является главным промышленным минералом данных руд. Среднее содержание его составляет 10-15 %, изредка возрастая до 60-70 %. Наблюдаются частые срастания сфалерита с другими минералами, прежде всего с галенитом, а также в виде мелких (менее 0,05 мм) трудно раскрываемых включений в пирите. Сфалерит I отмечается в виде тончайшей сыпи в колломорфных пиритовых агрегатах.

Сфалерит II образует колломорфно-полосчатые, почковидные, зональные агрегаты. Ритмичное строение фиксируется зонами различной окраски или различным количеством включений пирита и нерудных минералов. Среди нерудных минералов и в виде включений в пирите и галените отмечаются мелкие глобулярные выделения сфалерита размером до 0,05 мм.

Сфалерит III – кристаллически-зернистый, образует прожилки, гнезда, изометричные и неправильные выделения, сложенные агрегатами зерен размером 0,03-0,05 мм, цементируя раздробленные агрегаты ранних сульфидов, и, в свою очередь, замещается галенитом. Среди нерудных минералов сфалерит образует более крупные (до 3 мм) ветвящиеся гнезда, изометричные и неправильные скопления.

Сфалерит IV наблюдается в поздних кварц-карбонат-сульфидных прожилках, где образует гнезда и скопления неправильной формы, сложенные светлоокрашенными зернами размером 0,3-0,9 мм и крупными (до 1 см) идиоморфными кристаллами.

Основными примесями в сфалерите являются кадмий, германий, серебро, галлий, кобальт, реже, в нескольких пробах, отмечаются олово, индий и сурьма. Повышенные содержания свинца и сурьмы, вероятно, обусловлены включениями галенита. Различные генерации сфалерита четко разделяются между собой по содержанию примесей (табл.2).

Колломорфный сфалерит II отличается относительно пониженным содержанием кадмия (1000-2100 г/т), галлия (0-6,6 г/т), кобальта (0-8 г/т) и отсутствием индия и повышенным содержанием серебра (27-120 г/т) и сурьмы (0-100 г/т), а также аномально высокими содержаниями германия (64-800 г/т). Высокогерманиевые колломорфные сфалериты развиты неравномерно в рудной массе, они отмечаются в керновых пробах с Центрального блока с содержаниями 350-800 г/т, а также в подошве вскрытого рудного тела на Восточном блоке с более низкими содержаниями (64-240 г/т).

Сфалерит III генерации в целом более богат кадмием (800-3000 г/т), галлием (1,5-160 г/т), кобальтом (1-57 г/т), индием (0-6 г/т), свинцом (10-5000 г/т) и обеднен примесями серебра (13-30 г/т), сурьмы (0-100 г/т) и германия (0-70 г/т). Наблюдается расхождение состава сфалерита из сплошных и прожилково-вкрапленных руд.

Таблица 1

Средние содержания элементов-примесей в пирите, г/т

Генерации	Tl	Ag	Cd	Sn	Co	Ni	In	Характеристика пробы
Ранние								
МЗ (5)	323	49,3	102	-	-	12,2	6,7	Спл. руды
МЗ (6)	265	32,9	35	3*	2,3	6,8	3	ПВ руды
Рад. (3)	750	46,5	75	-	-	7,5	4,5	Спл. руды
Поздняя								
КЗ (3)	93,3	10,1	73,3	-	-	1,67	1	Спл. руды

*Без учета пробы с содержанием 80 г/т.

Примечание. Здесь и далее: в скобках указано количество проб, МЗ – мелкозернистый, Рад. – радиально-лучистый, КЗ – крупнозернистый (кристаллический), ПВ – прожилково-вкрапленные руды, Спл. – сплошные руды.

Таблица 2

Средние содержания элементов-примесей в сфалерите, г/т

Генерация	Cd	Ag	Pb	Sb	Ga	Sn	Ge	Co	In	Характеристика пробы
Сфалерит II (7)	1460	59	709	28,5	1,2	-***	343	1,9	-	Спл. руды
Сфалерит III (6)	1400	21,2	3000*	-	5,6	-****	8,2	5,8	3,4	ПВ руды
Сфалерит III (12)	1800	20,5	1675*	10,8	7,5**	1,8	18,1	7,7	0,8	Спл. руды
Сфалерит IV (7)	2670	8,1	637	6	6	2	6	3	3	Кв. прожилки

*Примесь галенита.

**Без учета двух проб с содержанием 150 и 160 г/т.

***Без учета единичной пробы с содержанием 84 г/т.

****Без учета единичной пробы с содержанием 10 г/т.

Примечание. Здесь и далее Кв. – поздние кварц-кальцитовые прожилки с галенитом и сфалеритом.

Поздний сфалерит IV из кварц-карбонат-сульфидных прожилков характеризуется повышенным содержанием кадмия (1800-3300 г/т), олова (1-6 г/т), индия (0-11 г/т), галлия (1,5-10 г/т) и пониженным – серебра (0-15 г/т), сурьмы (0-10 г/т), германия (0-10 г/т), кобальта (1-6 г/т).

Галенит, наряду со сфалеритом, является главным рудным минералом. Его среднее содержание в рудах 2-5 % и колеблется от долей процента до 60 %, что свидетельствует о наличии обогащенных участков. Галенит I образует тонкодисперсные колломорфные выделения с размером зерен 1-10 мкм в ассоциации с пиритом I, реже со сфалеритом I. Отмечаются галенит-пиритовые почковидные и концентрически-зональные агрегаты, сложенные ритмичным чередованием зон различного состава.

Галенит II – кристаллически-зернистый, наблюдается в виде гнездовидных и прожилковидных скоплений размером первые миллиметры, сложенных агрегатами аллотриоморфных зерен галенита. Обычны срастания галенита II с пиритом, сфалеритом, кварцем и карбонатами, среди галенита отмечаются единичные аллотриоморфные выделения и лейсты аргентита и сульфосолей.

Галенит III – крупнокристаллический, отлагался после кристаллизации сфалерита в поздних кварц-карбонатных прожилках. Составляет незначительную часть от общего количества галенита в рудах.

Главными примесями являются серебро, сурьма, кадмий, кобальт, реже отмечаются висмут, олово, индий, германий. Примеси цинка, кадмия и германия, вероятно, обусловлены присутствием микровключений сфалерита. Галенит ранних генераций из сульфидных руд характеризуется повышенным содержанием кадмия (50-900 г/т), кобальта (1-8,6 г/т), индия (0-21 г/т), германия

Таблица 3

Средние содержания элементов-примесей в галените, г/т

Генерации	Cd	Ag	Zn	Sb	Bi	Co	Sn	In	Ge	Характеристика пробы
Ранние										
КЗ (3)	200	780	>1 %	720	-	7	-	4,5	50*	ПВ руды
КЗ (12)	290	670	>1 %	730	-	5,1	14*	10,3	27	Спл. руды
Поздняя										
КЗ (5)	28	980	630	1225**	18,6	2,6	4*	-	-	Кв. прожилки

* Содержания в единичных пробах.
** Без учета пробы с содержанием 8400 г/т.

(3-66 г/т), высокими – серебра (100-1000 г/т) и сурьмы (300-1200 г/т). В галените из поздних кварцево-сульфидных прожилков отмечается повышенное содержание серебра (800-1500 г/т), сурьмы (900-8400 г/т) и висмута (0-28 г/т), пониженное – кадмия (20-40 г/т) и кобальта (2-4 г/т) (табл.3).

Буланжерит, *геокронит*, *миаргирит*, *аргентит*, *пираргирит* отмечаются в виде единичных очень мелких (до 200 мкм) выделений в ассоциации с галенитом.

Собственных германиевых фаз в рудах пока не обнаружено, в колломорфном сфалерите II отмечаются отдельные локальные области (до 16 мкм), обогащенные Ge (до 10 %), в пределах которых содержания Zn, Fe, S понижены, а Cu, As, Sn отсутствуют. По данным Н.П.Юшкина и др.,* для юга Новой Земли и Вайгача характерны высокие содержания германия в сфалеритах на уровне 0,0*n* %, но при этом в рудах отмечается присутствие собственных германиевых минералов (аргиродит, германит, реньерит).

Комплексом методов статистической обработки по материалам полуколичественного спектрального анализа были выявлены три группы элементов (рис.1). Халькофильная рудная (Pb, Zn, Ag, Cd, As, Sb, Ge, Fe, Mo) представлена рудообразующими сульфидами с примесями серебра, кадмия, германия и других элементов. В эту же группу элементов входит Na, фиксируемый главным образом в альбите. При этом обращает на себя внимание, что высокие концентрации этих элементов формируют геохимические ореолы, покрывающие рудные интервалы, практически полностью повторяя контуры известных рудных тел (рис.2).

К группе элементов рудовмещающей толщи относятся Ca, Mg, Mn, которые образуют карбонатную матрицу. Группу «акцессорных» элементов составляют: Al, Ba, Ga, Cr, Co, Cu, Ni, Sc, V, Ti, Zr и другие, вариации содержаний которых в карбонатных породах связаны с наличием примесей акцессорных минералов различного происхождения. Содержания Mn и особенно Mg резко возрастают в надрудных интервалах, по сравнению с рудными и подрудными, кроме того, в скважинах, оконтуривающих рудное тело по флангам, их содержания также повышены на всем интервале.

В надрудной толще фиксируются новообразования кварца, альбита, железистых доломитов и анкерита, а также кварц-альбит-кальцитовые прожилки. Все это могло произойти в результате проявления кремнещелочного, железо-магниевого метасоматоза с перераспределением вещества в вышележащие и боковые породы в процессе рудообразования и формированием околорудных ореолов.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы. Руды Павловского месторождения относятся к свинцово-цинковым колчеданным с простым минеральным составом. Кроме рудообразующих галенита, сфалерита и пирита отмечены буланжерит, геокронит, миаргирит, аргентит, пираргирит.

* Сфалерит Пайхойско-Южноновоземельской провинции (топоминералогия и типоморфизм) / Н.П.Юшкин, Н.И.Еремин, А.Б.Макеев, Т.Г.Петров // Проблемы региональной минералогии. Труды ИГ Коми ФАН СССР. 1978. Вып.24. С.23-52.

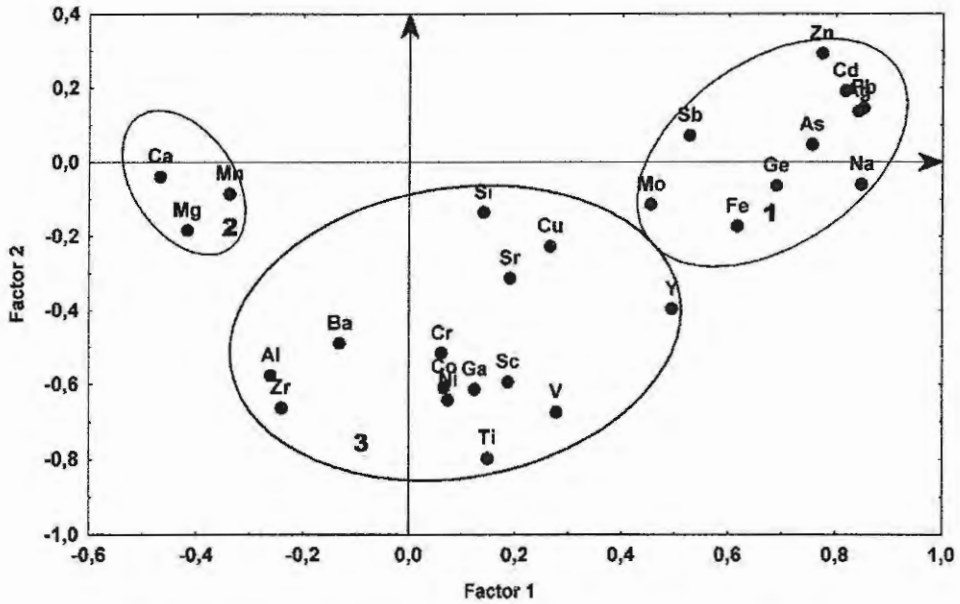


Рис.1. Диаграмма факторных нагрузок в координатах факторов 1 и 2 для проб Восточного блока
1 – рудная ассоциация; 2 – ассоциация элементов рудовмещающей толщи; 3 – «акцессорные» элементы

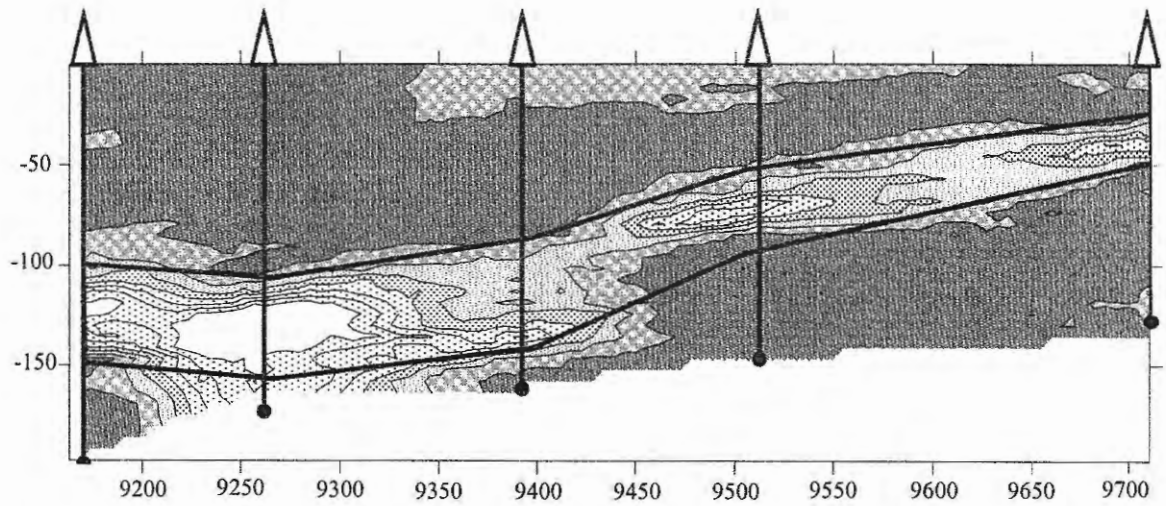


Рис.2. Полиэлементный геохимический разрез по профилю скважин на Павловском месторождении, построенный по значениям фактора 1. Светлым фоном выделены положительные значения фактора 1, F1 = (Zn, Pb, Ag, Cd, Ge, Fe, Na, As, Sb, Mo)/(Ca, Mg, Mn, Al), совпадающего с контурами рудного тела

В пирите, галените и сфалерите установлены следующие элементы-примеси: Ag, Cd, In, Sn, Co – во всех минералах, Ti, Ni – в пирите; Ge, Sb – в сфалерите и галените; Bi – в галените, причем для каждой генерации минерала характерны свои наборы элементов-примесей.

Комплексом математических методов (корреляционным, статистическим), факторным анализом, а также графическими построениями в программе ГИС Surfer 7.0 в рудах Павловского месторождения была выявлена рудная элементная ассоциация (Pb, Zn, Ag, Cd, As, Sb, Ge, Fe, Mo + Na), которую можно использовать при поисково-геохимических работах.

Зафиксированное неравномерное распределение элементов в пределах месторож-

дения свидетельствует о наличии зональности, что имеет важное практическое значение. Полученные результаты можно использовать при прогнозировании эрозионного среза, глубины залегания и размеров рудных тел.

Исследования поддержаны АФГИР (CRDF), грант ST-015-02 (Научно-образовательный центр фундаментальных исследований минералов-индикаторов петро- и рудогенеза).

Научный руководитель д.г.-м.н. проф. *Ю.Б.Марин*