

# *Минералогия*

---

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 415 (2016), 42 – 45

## **NEW VARIETY OF MINERAL LEAD-BISMUTH SULFOSALTS**

**Z. N. Pavlova, V. L. Levin, P. E. Kotelnikov, A. E. Omarbekova**

Institute of geological sciences named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

**Key words:** lead-bismuth sulfosalts, new mineral species, Varvarinsk occurrence, integrated copper and gold type mineralization.

**Abstract.** In the complex copper- gold Varvarinsk occurrence (N-W Kazakhstan), along with well-known, established new yet unnamed species of lead-bismuth sulfosoley -  $Pb_2BiS_2$ ,  $Pb_5Bi_3S_7$ ,  $PbBiS_2$ ,  $PbBiS_3$ ,  $PbBi(S,Sb)_3$ . All sulfosalts associated with low-sulfide arsenopyrite - quartz veins in diorite. Veins are the most late with respect to all other types of ores (chalcopyrite and chalcocite - gold in volcanics, limestones, siltstones, diorites; copper-nickel and gold - copper-nickel in serpentinites; pyrrhotite in effusive, diorites and serpentinites; chalcopyrite- pyrite - marcasite and chalcopyrite- pentlandite, pyrite, which are products pozdnegidrotermalnoy disulfidizatsii pyrrhotite and chalcopyrite). Microinclusions Pb-Bi- sulphosalts observed in microvoids arsenopyrite boundary and on the surface of its grains, as well as outside the quartz arsenopyrite.

УДК 546.815'47:549.35

## **НОВЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ СВИНЦОВО-ВИСМУТОВЫХ СУЛЬФОСОЛЕЙ**

**З. Н. Павлова, В. Л. Левин, П. Е. Котельников, А. Е. Омарбекова**

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** свинцово-висмутовые сульфосоли, новые минеральные виды, месторождение Варваринское, комплексный медно-золоторудный тип оруденения.

**Аннотация.** На комплексном медно-золоторудном месторождении Варваринское (С-3 Казахстан), наряду с известными, установлены новые пока неназванные разновидности свинцово-висмутовых сульфосолей –  $Pb_2BiS_2$ ,  $Pb_5Bi_3S_7$ ,  $PbBiS_2$ ,  $PbBiS_3$ ,  $PbBi(S,Sb)_3$ . Все сульфосоли связаны с малосульфидными арсенопирит-кварцевыми прожилками в диоритах. Прожилки являются наиболее поздними относительно всех других типов руд (халькопиритовые и золото-халькопиритовые в эффузивах, известняках, алевролитах, диоритах; медно-никелевые и золото-медно-никелевые в серпентинитах; пирротиновые в эффузивах, диоритах и серпентинитах; халькопирит-марказит-пиритовые и халькопирит-пентландит-пиритовые, являющиеся продуктами позднегидротермальной дисульфидизации пирротина и халькопирита). Микровключения Pb-Bi-сульфосолей наблюдаются в микропустотах арсенопирита, по границам и на поверхности его зерен, а также в кварце за пределами арсенопирита.

**Введение.** В группе свинцово-висмутовых сульфосолей известно более двадцати минеральных видов, часть из которых пока остаются неназванными. Характерной особенностью большинства минералов этой группы являются переменные соотношения свинца и висмута при почти постоянном количестве серы. Содержание свинца меняется от 30 до 64%, висмута – от 21 до 55%, серы –

от 14 до 18%. Есть также единичные разновидности с резко повышенным содержанием серы (52-56%) и минимальным (до 6-8%) содержанием висмута (оуэрит  $Pb_{10}Bi_2S_{13}$ , гунгаррит  $Pb_4Bi_2S_7$ ).

При изучении руд Варваринского медно-золоторудного месторождения нами установлены, наряду с известными, еще несколько новых разновидностей свинцово-висмутовых сульфосолей.

Месторождение относится к новому для Казахстана комбинированному типу [1]. Для него характерно многообразие типов руд, что обусловлено разнообразием вмещающих пород и многостадийностью длительного рудообразующего процесса.

Состав свинцово-висмутовых сульфосолей из руд Варваринского месторождения, вес %\*

Ан.	Обр.	Минерал	Pb	Bi	S	Элементы-примеси					
						Se	Te	Fe	Cu	Sb	Другие
1	17289-2(4)	Неназв.-1 $Pb_2BiS_2$	59,44	33,38	9,12	—	0,45	—	—	—	—
2	12948-6м(1)	Неназв.-2 $Pb_5Bi_3S_7$	51,41	34,58	12,22	—	—	0,48	0,84	—	—
3	12948-6(1)	Лиллианит $Pb_3Bi_2S_6$	49,55	34,06	14,84	0,75	—	—	0,90	—	—
4	17289-4"	—"–	49,95	34,16	15,07	—	—	—	—	0,83	—
5	12948-6м(2с)	Неназв.-3 $PbBiS_2$	46,78	35,78	12,62	—	0,08	3,21	0,64	—	—
6	12948-6м(2Д)	—"–	43,20	37,15	13,57	—	—	3,24	0,14	—	—
7	12948-10(1)	Козалит $Pb_2Bi_2S_5$	41,54	41,29	16,50	—	—	0,32	0,43	—	Ag 0,34
8	20153-2(1)	Н.н.-4(казгинит) $PbBiS_3$	40,14	37,67	16,18	0,21	—	0,17	0,08	2,90	Ag 1,10
9	17293-3(1)	—"–	39,68	38,42	16,39	0,59	—	0,19	0,23	3,93	As 0,87
10	—"–(1")	—"–	39,40	37,93	16,44	0,50	0,29	0,20	0,22	3,43	Ag 0,79
11	17293-3(2')	—"–	39,78	38,28	15,79	0,59	—	0,19	0,25	3,57	Ag 0,83
12	—"–(1")	—"–	38,99	38,94	15,50	0,62	—	0,30	0,24	2,91	Ag 0,88
13	12948-7(4)	Виттит $Pb_5Bi_6S_{14}$	35,93	46,67	16,25	—	—	0,69	—	—	—
14	12899-2(4)	Неназв.-5 $PbBi(S,Sb)_3$	36,86	34,81	15,55	—	0,45	1,12	1,02	9,31	—
15	12899-2(5)	—"–	35,57	36,13	16,84	—	0,78	0,99	0,87	9,02	—
16	12948-6(1')	Pb-икунолит( $Bi,Pb)_4S_3$	7,2	79,3	9,4	—	2,6	0,4	—	—	—
17	12948-6(1)	—"–	10,66	75,01	9,55	1,61	2,47	0,70	—	—	—
18	18482-5	Pb-висмутин( $Bi,Pb)_2S_3$	4,81	74,70	17,08	1,20	2,21	—	—	—	—
19	12948-3	—"–	5,35	75,70	18,95	—	—	—	—	—	—

\*Микрозонд JCXA-733. Аналитики: В.Л. Левин и П.Е. Котельников.

Расчетные формулы:

- Ан. 1 –  $Pb_{1,95}Bi_{1,09}(S_{1,94}Te_{0,02})_{1,96}$ ;
- Ан. 2 –  $(Pb_{4,56}Cu_{0,24}Fe_{0,15})_{4,95}Bi_{3,04}S_{7,01}$ ;
- Ан. 3 –  $(Pb_{2,96}Cu_{0,15})_{3,11}Bi_{2,02}(S_{5,74}Se_{0,12})_{5,86}$ ;
- Ан. 4 –  $Pb_{2,94}Bi_{2,05}(S_{5,91}Se_{0,08})_{5,99}$ ;
- Ан. 5 –  $Pb_{1,05}(Bi_{0,80}Fe_{0,27}Cu_{0,05})_{1,12}S_{1,83}$ ;
- Ан. 6 –  $Pb_{0,96}(Bi_{0,82}Fe_{0,26}Cu_{0,01})_{1,09}S_{1,95}$ ;
- Ан. 7 –  $(Pb_{1,93}Cu_{0,07})_{2,00}(Bi_{1,91}Fe_{0,08}Ag_{0,03})_{2,02}S_{4,98}$ ;
- Ан. 8 –  $Pb_{1,03}(Bi_{0,96}Fe_{0,02}Cu_{0,01}Ag_{0,05})_{1,04}(S_{2,79}Sb_{0,13}Se_{0,01})_{2,93}$ ;
- Ан. 9 –  $Pb_{1,01}(Bi_{0,97}Fe_{0,02}Cu_{0,02})_{1,01}(S_{2,71}Sb_{0,17}As_{0,06}Se_{0,04})_{2,98}$ ;
- Ан. 10 –  $Pb_{1,01}(Bi_{0,97}Fe_{0,02}Cu_{0,02}Ag_{0,04})_{1,05}(S_{2,74}Sb_{0,15}Se_{0,03}Te_{0,01})_{2,93}$ ;
- Ан. 11 –  $(Pb_{1,04}Fe_{0,03}Cu_{0,02}Ag_{0,04})_{1,12}Bi_{1,00}(S_{2,68}Sb_{0,16}Se_{0,04})_{2,88}$ ;
- Ан. 12 –  $(Pb_{1,04}Fe_{0,03}Cu_{0,02})_{1,09}(Bi_{1,03}Ag_{0,04})_{1,07}(S_{2,66}Sb_{0,13}Se_{0,04})_{2,83}$ ;
- Ан. 13 –  $(Pb_{4,73}Fe_{0,34})_{5,07}Bi_{6,09}S_{13,83}$ ;
- Ан. 14 –  $(Pb_{0,94}Cu_{0,09})_{1,03}(Bi_{0,88}Fe_{0,11})_{0,99}(S_{2,56}Sb_{0,40}Te_{0,02})_{2,98}$ ;
- Ан. 15 –  $(Pb_{0,87}Fe_{0,09})_{0,96}(Bi_{0,88}Cu_{0,07})_{0,95}(S_{2,68}Sb_{0,38}Te_{0,03})_{3,09}$ ;
- Ан. 16 –  $(Bi_{3,6}Pb_{0,33}Fe_{0,06})_{4,00}(S_{2,80}Te_{0,20})_{3,00}$ ;
- Ан. 17 –  $(Bi_{3,30}Pb_{0,47}Fe_{0,12})_{3,89}(S_{2,74}Se_{0,19}Te_{0,18})_{3,11}$ ;
- Ан. 18 –  $(Bi_{1,89}Pb_{0,12})_{2,01}(S_{2,82}Se_{0,08}Te_{0,09})_{2,99}$ ;
- Ан. 19 –  $(Bi_{1,85}Pb_{0,13})_{1,98}S_{3,02}$ ;

Халькопиритовое и золото-халькопиритовое оруденение, развитое в эфузивах, известняках, алевролитах и диоритах синхронно с kontaktовым метаморфизмом.

Для серпентинитов характерно медно-никелевое и золото-медно-никелевое оруденение.

Пирротиновая минерализация развита в эфузивах, диоритах и серпентинитах. Сопровождающие ее околоврудные изменения замещают продукты kontaktового метаморфизма, т. е. являются более поздними, чем золото-халькопиритовое оруденение.

Халькопирит-марказит-пиритовые и халькопирит-пентландит-пиритовые типы руд являются продуктами позднегидротермального преобразования. Они образованы вследствие практически полной дисульфидизации пирротина и замещения раннего халькопирита тонкозернистыми марказит-пиритовыми агрегатами. Общая масса сульфидов железа при этом увеличивается, что делает руды похожими на колчеданные.

Наиболее поздними являются малосульфидные арсенопирит-кварцевые прожилки. Для них характерно максимальное содержание элементов-примесей, в том числе свинца и висмута, хотя примесь этих элементов имеется в различных типах руд.

Именно в арсенопирит-кварцевых прожилках фиксируются выделения свинцово-висмутовых сульфосолей. Они образуют микровключения в арсенопирите, располагаются по границам его зерен, а также на поверхности зерен арсенопирита и в кварце. Размеры их веделений составляют, в основном, сотые доли мм и лишь изредка достигают 0,1 мм. В сростках с ними встречаются сульфотеллуриды висмута, самородный висмут, иногда самородное золото и золото-висмутовые сульфиды [2-5]. Наблюдались также включения свинцово-висмутовых сульфосолей в жозеите и в самородном висмуте.

На микрозонде получен состав для 19 зерен из минералов этой группы (см. таблицу). Из известных свинцово-висмутовых сульфосолей установлены лиллианит  $Pb_3Bi_2S_6$ , козалит  $Pb_2Bi_2S_5$  и виттийт  $Pb_5Bi_6S_{14}$ . Кроме них выявлены пять новых неназванных разновидностей:  $Pb_2BiS_2$ ,  $Pb_5Bi_3S_7$ ,  $PbBiS_2$ ,  $PbBiS_3$  и  $PbBi(S,Sb)_3$ .

Помимо обычных сульфосолей встречены две разновидности с минимальными содержаниями свинца (от 10 до 5%) и максимальными содержаниями висмута. Условно они названы как Pb-икунолит  $(Bi, Pb)_4S_3$  и Pb-висмутин  $(Bi, Pb)_2S_3$ .

Все разновидности сульфосолей под микроскопом выглядят примерно одинаково. Цвет их в отраженном свете варьирует от белого до светлосерого, иногда с кремоватым или розоватым оттенком. Двуотражение и анизотропия меняются от отчетливых и умеренных до едва различимых. Иногда видна спайность. В козалите различаются игольчатые и лучистые формы. Для неназванного-1 ( $Pb_2BiS_2$ ) характерны короткопластиначатые формы выделений. Ширина пластинок при этом не превышает 1 мкм и только в местах сочленений пластинок двух направлений увеличивается до 3-5 мкм.

Свинцово-висмутовые сульфосоли, как и все минералы других элементов-примесей, располагаются, чаще всего, на поверхности зерен основных рудных минералов и по их границам, то есть являются наиболее поздними образованиями. К концу гидротермального процесса резко снижается концентрация серы. В связи с этим, наряду с поздними сульфидами ( $Bi_2S_3$ ,  $PbS$ ) стали осаждаться различные сульфотеллуриды висмута, свинцово-висмутовые сульфосоли, появился мальдонит  $Au_2Bi$ , который в системе Au-Bi-S устойчив лишь при экстремально низкой фугитивности серы [6].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Жуков Н.М., Павлова З.Н., Аубакирова Р.Б. и др. Новый комбинированный тип золотого оруденения в Казахстане // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1984. – № 5. – С. 1-5.
- [2] Павлова З.Н., Котельников П.Е. Формы нахождения серебра, висмута, теллура, селена, кобальта и сурьмы в медно-золоторудном месторождении Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1988. – № 2. – С. 13-23.
- [3] Павлова З.Н., Левин В.Л., Тасов Б.М. О новых формах нахождения золота и висмута в медно-золоторудном месторождении Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1991. – № 3. – С. 63-68.
- [4] Павлова З.Н., Левин В.Л., Котельников П.Е. Золото и элементы-примеси в медно-золоторудном месторождении северо-западного Казахстана // Изв. АН РК Каз. Сер. геол. – 1992. – № 5. – С. 55-67.
- [5] Павлова З.Н., Абулгазина С.Д., Котельников П.Е. Сульфотеллуриды висмута из медно-золоторудного месторождения Северо-Западного Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1992. – № 3. – С. 47-58.
- [6] Некрасов И.Я. Экспериментальное изучение условий образования интерметаллидов золота и серебра // Минералогич. журнал. – 1985. – Т. 7, № 2. – С. 61-72.

**REFERENCES**

- [1] Zhukov N.M., Pavlova Z.N., Aubakirova R.B. e.a. New combined type of gold mineralization in Kazakhstan. // News of KazSSR. Ser.geol.. 1984. №5. p.1-5.
- [2] Pavlova Z.N., Kotelnikov P.E. Mode occurrence of silver, bismuth, tellurium, selenium, cobalt and antimony in copper-gold deposit in Kazakhstan. //News of AS KazSSR. Ser.geol. 1988. №2. p.13-23.
- [3] Pavlova Z.N., Levin V.L., Tasov B.M. On the new forms of gold and bismuth in copper - gold deposit in Kazakhstan. //News of AS KazSSR. Ser.geol. 1991. №3. p.63-68.
- [4] Pavlova Z.N., Levin V.L., Kotelnikov P.E. Gold and trace elements in copper and gold mine north-western Kazakhstan //News of AS KazRK. Ser.geol. 1992. №5. p.55-67.
- [5] Pavlova Z.N., Abulgazina S.D., Kotelnikov P.E. Sulfotelluridy bismuth copper-gold deposit in northwestern Kazakhstan. // News of AS RK. Ser.geol. 1992. №3. p.47-58.
- [6] Nekrasov I.Y. Experimental study of conditions of formation of intermetallic compounds of gold and silver// Mineralog. magazine. 1985. Т№7, №2, p. 61-72.

### **ҚОРҒАСЫН-ВИСМУТТЫ СУЛЬФОТҮЗДАРДЫҢ ЖАҢА МИНЕРАЛДЫ ТҮРЛЕРИ**

**З. Н. Павлова, В. Л. Левин, П. Е. Котельников, А. Е. Омарбекова**

К. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** корғасын-висмут сульфотүздары, жаңа минералды түрлері, Варваринск кенорны, кенде-нудің кешенді мысты-алтынкенді түрі.

**Аннотация.** Варваринск (С-Б Қазақстан) кешенді мыс-алтын кен орнында қорғасын-висмут сульфотүздардың белгілі түрлерімен катар әлі аты қойылмаған  $Pb_2BiS_2$ ,  $Pb_5Bi_3S_7$ ,  $PbBiS_2$ ,  $PbBiS_3$ ,  $PbBi(S,Sb)_3$  түрлері анықталған. Барлық сульфотүздар диориттердегі аз сульфидті арсенопирит-карбонат өзектерімен байланысты. Өзектер басқа кен типтерімен (диориттердегі, алевролиттердегі, эк тастардағы, эфузивтердегі халькопиритті және алтын-халькопиритті; серпентиниттердегі мыс-никель және алтын-мыс-никельді; серпентиниттердегі, диориттердегі, эфузивтердегі пирротинді; пирротин мен халькопириттің кейінгі гидротермалды дисульфидизация өнімдері болып табылатын халькопирит-марказит-пиритті және халькопирит-пентландит-пиритті) салыстырғанда кеш дамығаны болып саналады.  $Pb-Bi$ -сульфотүздардың микрокосылыштары арсенопирит микрокұстарында, оның түйіршіктегінде қабатында және шекарасында, сондай-ақ арсенопирит шегінен ары кварцта кездеседі.

Поступила 02.02.2016 г.