

Исследование фазовых отношений и поиск новых фаз в системе Cu-Fe-Sn-S

Пузанова И.Г., Чареев Д.А.

Государственный университет «Дубна»

Дубна, Россия

Investigation of phase relations and search of new phases in the system Cu-Fe-Sn-S

Puzanova I.G., Chareev D.A.

Dubna State University

Dubna, Russia

Знание фазовых отношений необходимо для понимания и описания природных процессов и позволяет довольно точно прогнозировать стабильные минеральные комплексы в естественных условиях, а данные по термической стабильности фаз помогают понять их образование и накопление в природе, что необходимо для изучения месторождений полезных ископаемых.

Несмотря на обширные данные о регулярной тесной ассоциации оловянной и золотой минерализации, некоторые публикации все еще высказывают утверждение об антагонизме этих элементов в магматических и постмагматических процессах, а также во время истории земной коры. Например, совсем недавно было заявлено не только о том, что месторождения золота и олова пространственно разделены, но также, что они относятся к разным периодам земной истории, золоторудные месторождения являются докембрийскими, а оловянные – отложениями палеозоя и мезозоя. На самом деле связь между этими двумя геохимическими типами эндогенной минерализации гораздо сложнее. Несмотря на то, что большинство оловянных отложений практически не содержат золота, многие рудные месторождения в тихоокеанских и средиземноморских поясах напротив имеют комбинированный состав. Многие из них содержат такие элементы как Sn, Cu, Ag, Zn, Pb и Au.

Парагенезисы некоторых сульфостаннатов с минералами в золото-серебряных отложениях частично были рассмотрены ранее [1, 2, 3, 4]. Однако на данный момент очень мало известно о фазовых соотношениях между этой группой соединений друг с другом или с минералами из систем золото-полисульфид [5]. Крайне мало известно об их минералогии, и, следовательно, нет никакой классификации для очень обширной группы сульфостаннатов, содержащих медь и железо в качестве основных компонентов.

Синтез образцов:

Были синтезированы одиннадцать образцов:

Таблица 1 «Синтезированные образцы»

Наименование	Формула
Volfsonite (Mineral III)	$\text{Cu}_{10}\text{CuFe}_2\text{Sn}_4\text{S}_{16}$
Volfsonite*	$\text{Cu}_{10}\text{CuFeFe}_2\text{Sn}_3\text{S}_{16}$
Mawsonite (Mineral I*)	$\text{Cu}_6\text{Fe}_{0,5}\text{FeSn}_{1,5}\text{S}_8$
Mineral VII	$\text{Cu}_{26}\text{Fe}_2\text{Fe}_6\text{Sn}_6\text{S}_{36}$
Volfsonite (Mineral II*)	$\text{Cu}_{10}\text{CuFe}_4\text{Sn}_2\text{S}_{16}$
Stannite (Stannite*)	$\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{Sn}_2\text{S}_8$
Isostannite	$\text{Cu}_{16}\text{Fe}_8\text{Sn}_8\text{S}_{32}$
Mohite (Mohite*)	$\text{Cu}_{24}\text{Sn}_{12}\text{S}_{36}$
Stannodite (Stannodite*)	$\text{Cu}_{24}\text{Fe}_3\text{Fe}_6\text{Sn}_6\text{S}_{36}$
Mawsonite (Mawsonite*)	$\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{SnS}_8$
Rhodostannite	$\text{Cu}_5\text{Fe}_2\text{Sn}_6\text{S}_{16}$

Образцы получали методом сухого синтеза из прекурсоров SnS_2 , Fe_2S_3 , FeS , CuS , Cu_2S , подготовленных ранее.

Метод сухого синтеза обладает рядом преимуществ [5]. Во-первых, для работы необходимо минимальное, дешевое и простое оборудование [5], во-вторых, кварцевое стекло имеет малый коэффициент расширения ($\sim 0.5 \cdot 10^{-6}$ на 1°C) и устойчиво к резким переменам температуры, в-третьих, кварцевое стекло прозрачно и позволяет визуальнo изучать шихту внутри ампулы в любой момент эксперимента. Кроме того, кварцевое стекло прозрачно для ультрафиолетового и рентгеновского излучения [5].

В зависимости от необходимого соотношения прекурсоры тщательно взвешивали на аналитических весах, помещали в кварцевые ампулы. Ампулы вакуумировали, запаивали при

помощи кислородной горелки и выдерживали в печи при температуре 350° С в течение трёх недель.

После чего ампулы вскрывали, полученные образцы тщательно перетирали в агатовой ступке.

Ампулы снова вакуумировали, запаивали и ставили в печь на девять недель –при температуре 350°С.

Далее образцы извлекали и снова перетирали в агатовой ступке.

Перетёртые образцы помещались в шлиф из эпоксидной смолы, для дальнейшего проведения анализа.

Анализ образцов:

Анализ образцов производился методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) при помощи сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega II XMU.

Снимки образцов представлены далее:

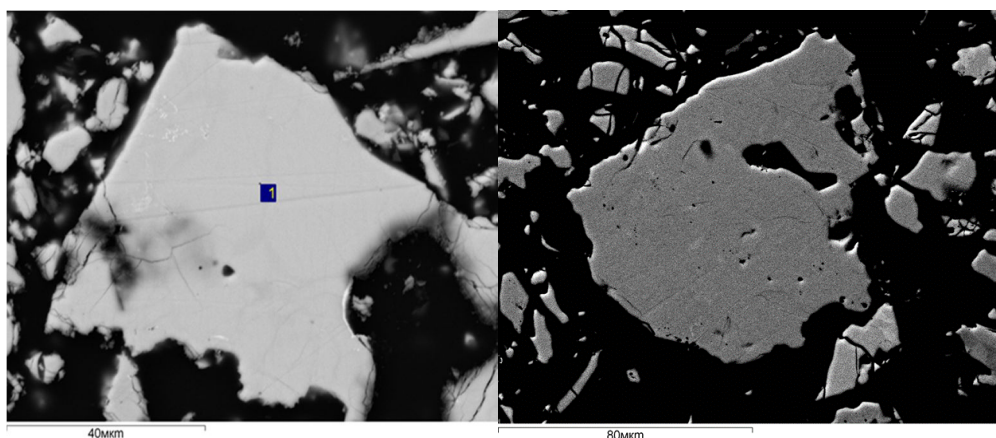


Рис.1 Снимки образца $Cu_{10}CuFe_2Sn_4S_{16}$ (Volfsonite (Mineral III))

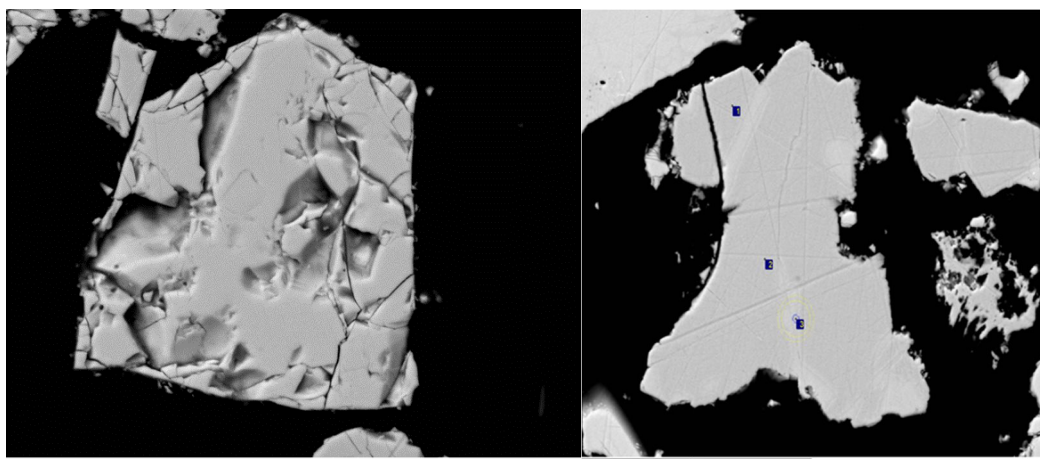


Рис 2. Снимки образца $\text{Cu}_{10}\text{CuFeFe}_2\text{Sn}_3\text{S}_{16}$ (Volfsonite*)

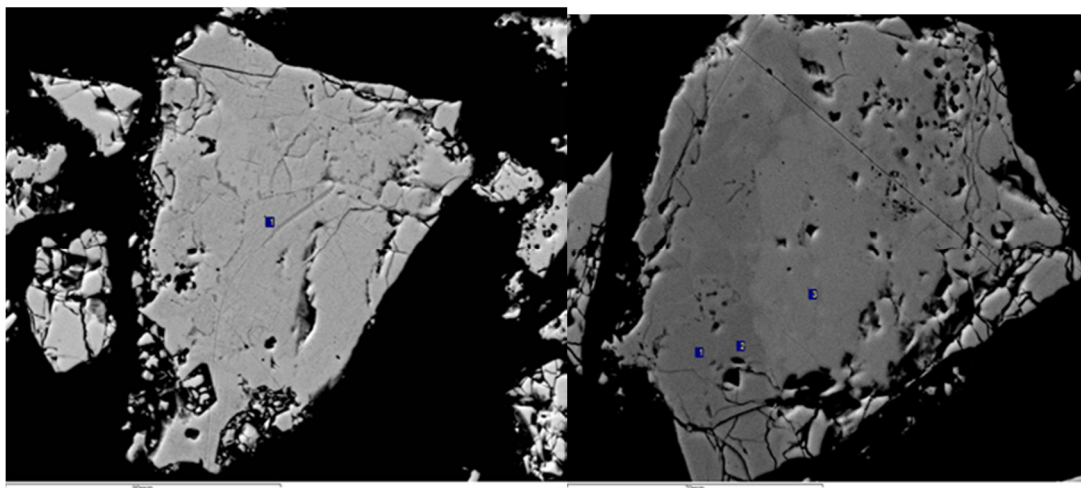


Рис 3. Снимки образца $\text{Cu}_6\text{Fe}_{0,5}\text{FeSn}_{1,5}\text{S}_8$ (Mawsonite (Mineral I*))

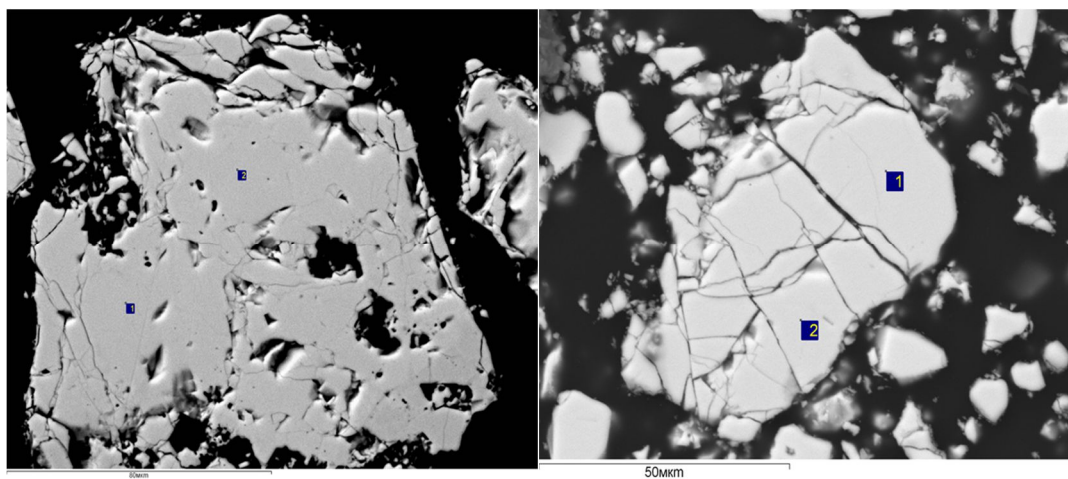


Рис 4. Снимки образца $\text{Cu}_{10}\text{CuFe}_4\text{Sn}_2\text{S}_{16}$ (Volfsonite (Mineral II*))

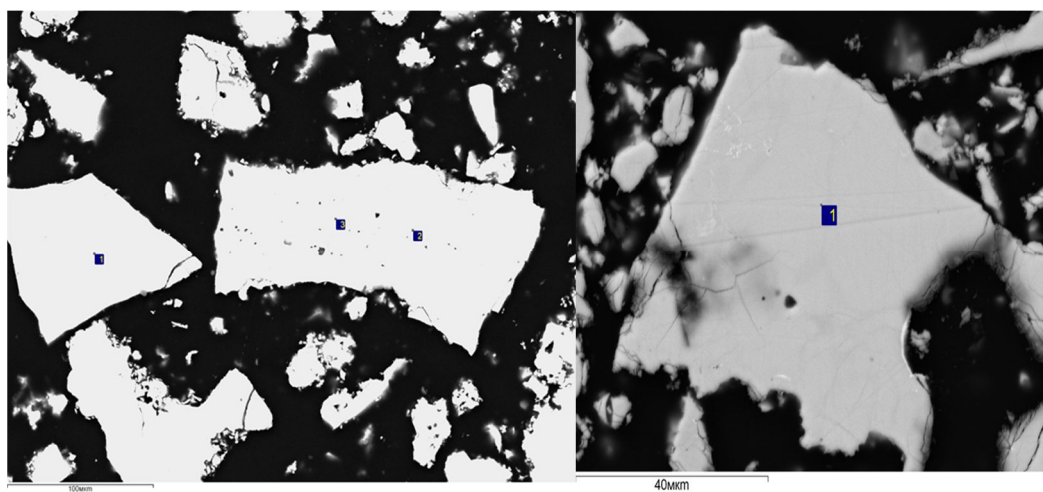


Рис 5. Снимки образца $\text{Cu}_{24}\text{Fe}_3\text{Fe}_6\text{Sn}_6\text{S}_{36}$ (Stannodite (Stannodite*))

Выводы:

Опираясь на результаты анализа, можно утверждать, что наши образцы пришли к равновесию локально, поэтому в каждом многофазном зерне можно анализировать фазовые отношения.

Основные фазы в ассоциациях – фазы которые мы стремились получить, либо те фазы, которые равновесны в данных условиях.

Фазовые соотношения в системах Cu-Fe-Sn-S и Cu-Fe-Sn-S-O были рассмотрены в связи с условиями РТ для образования этих сульфостаннатов, что показывает, что композиции зависят не только от давления кислорода и серы, а также соотношения активности минералообразующих элементов. Медь была наиболее подвижным металлом в гидротермальных растворах на продуктивных стадиях, а изменения активности меди связаны с регулярными сдвигами от некоторых сульфостаннатов к другим.

Список литературы:

1. V. A. Kovalenker, I. Ya. Nekrasov & V. S. Malov, COPPER AND IRON SULFOSTANNATE MINERALS IN GOLD-SILVER DEPOSITS, 2010. No. 1, pp. 6 -19.
2. Kovalenker, V. A., 1982, Tin minerals and assemblages in a shallow gold deposit: *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, No. 1, pp. 31-41.
3. Nekrasov, I. Ya., 1973, The relation between gold and tin mineralization in the northeastern USSR: *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, No. 3, pp. 16-28.
4. Nekrasova, A. N., Sandomirskaya, S. M., and Troitskiy, D. I., 1984, The first occurrence of kesterite in the ores in the eastern USSR: *Doklady AN SSSR*, Vol. 278, No. 3, pp. 723-726.
5. Воган Д., Крейг Дж. Химия сульфидных минералов/под ред. И.Я. Некрасова. М.: «МИР», 1981. — 565 с.