

Au-Ag-Pb-Sn-Sb ФАЗЫ В ПРИРОДЕ И ЭКСПЕРИМЕНТЕ
Евстигнеева Т.Л.¹, Грубкин Н.В.¹, Рамдор Р.² (¹ИГЕМ РАН, ²Германия)
evst@igem.ru факс: (095)230-21-79 тел.: (095)230-82-59

Ключевые слова: *Au-Ag-Pb-Sn-Sb фазы, хунчуньит, синтез, ассоциации*

Наряду с природными сплавами (Au,Ag) в природе встречаются и соединения золота с металлами и “полуметаллами”. За исключением теллуридов золота (и золота и серебра) это сравнительно редкие минералы аурустибит (AuSb₂), мальдонит (Au₂Bi), хунчуньит (Au₂Pb) [1], анюит (AuPb₂) [2], юанжиангит (AuSn) [3] (табл. 1).

Таблица 1

Минерал	Формула	Элементы-примеси	Симметрия и параметры ячейки (Å)	Стр.тип
Аурустибит	AuSb ₂		Куб., Pa3, a=6.659	FeS ₂ (пирит)
Хунчуньит	Au ₂ Pb	Ag, Cu, Hg	Куб., Fd3m, a=7.933	Cu ₂ Mg
Анюит	AuPb ₂	Sb	Тетр., I4/mcm, a=7.39, c=5.61	CuAl ₂
Мальдонит	Au ₂ Bi		Куб., Fd3m, a=7.958	Cu ₂ Mg (?)
Юанжиангит	AuSn		Гекс., P6 ₃ /mmc, a=4.316, c=5.51	NiAs

Находка в золотом рудопроявлении Тетрем (СЗ Гана) многокомпонентного интерметаллида золота состава ~Au₆Pb₅Sb₃ [Au₃(Pb,Sb)₄], содержащего наряду с золотом и серебром широкий ряд примесей (Pb, Sb, Bi, Hg) представляется интересным дополнением к минералогии золота.

Минерал обнаружен в кварцевых жилах. Образует типичные тесные сростания типа распада твердых растворов с: а) высокопробным золотом (до 7.2 мас.% Ag и до 5.7 мас.% Hg) и б) хунчуньитом, Au₂Pb [1] (рис.1). В отдельных участках в самородном золоте отмечаются редкие мелкие (<5-10 мкм) зерна аурустибита, AuSb₂, и алтаита, PbTe.

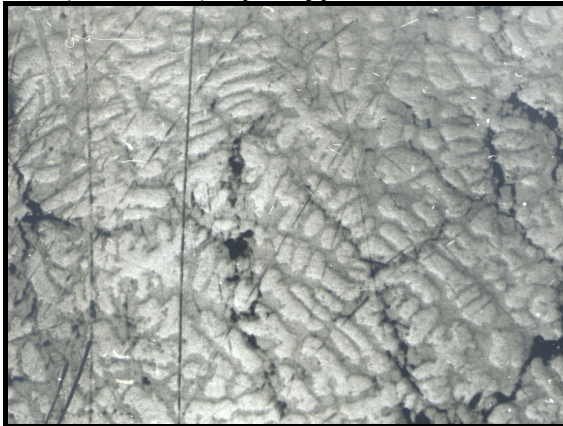


Рис. 1. Рельефные светлые зерна минерала Au-Pb-Sb(Sn) в хунчуньите (серая матрица).

По рентгенограмме (камера Гандольфи Ø 57.3, λFe) минерал отличается от всех известных двойных соединений золота. На основании предварительного индицирования рентгенограмм, полученных для двух образцов [TREDAT], для минерала предлагается тетрагональная симметрия [a=b=8.401(2), c=8.239(1) Å].

Для детального изучения новых минеральных фаз был проведен синтез их синтетических аналогов из расплава по методу Куллера в области составов многокомпонентной системы Au-Ag-Pb-Bi-Sb, включающей природные минеральные фазы.

Согласно результатам оптической микроскопии практически все синтезированные образцы представляют собой тонкие псевдографические сростания с максимальным размером выделений фаз до 20 мкм, а в основной массе – первые микроны (рис.2,3), что вызвало затруднения при использовании МРСА (SX-500). Поэтому фазовый состав образцов, химический состав фаз и реальные содержания элементов-примесей был изучен с помощью сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа (аналитический комплекс “JSM-5300+LINK ISIS”).

Установлено, что продукты синтеза содержат ряд соединений: (Au,Ag), Au₂Pb (хунчуньит), AuPb₂ (анюит), Au₂PbSn, Au₃(Pb,Sb,Sn)₄ (новая минеральная фаза), AuSn (юанжингит), ~Au₁₀Sn, ~Au₆Sn и др.]. В зависимости от исходного состава навесок образуются различные

ассоциации (табл.2), характеризующиеся своеобразными структурами, представленными скелетными или дендровидными кристаллами одной из фаз в матрице другой (рис.2,3). Подобные сростания образуются в ходе распада высокотемпературных твердых растворов.

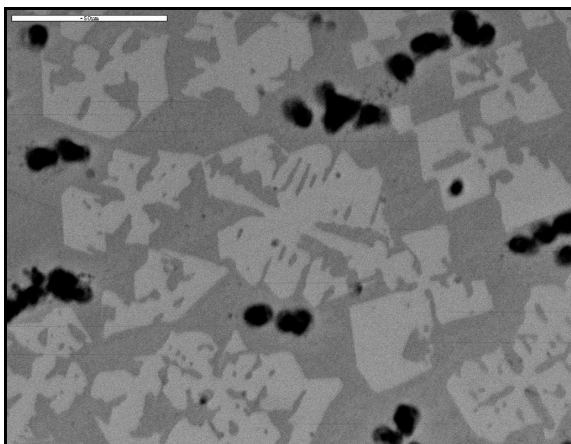


Рис.2. Скелетные кристаллы Au_2Pb (белое) в матрице $AuPb_2$. Полир.шлиф. Шкала - 50 мкм

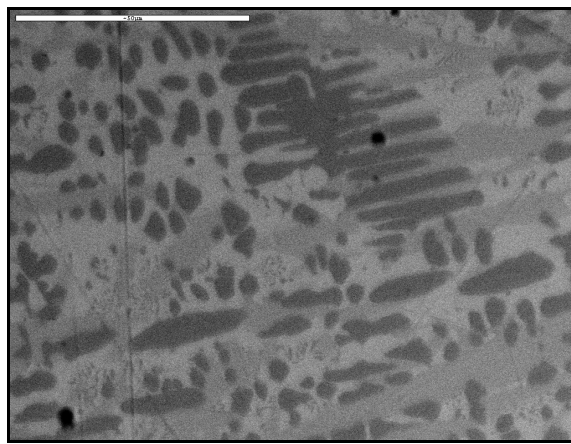


Рис.3. Сложное сростание $AuSn$ (темное), Au_2Pb (белое) и $Au_3(Pb,Sb,Sn)_4$ (серое). Полир.шлиф. Шкала - 50 мкм.

В бинарных соединениях золота отмечается высокое содержание серебра (>11 мас.%). За исключением свинца содержание остальных элементов-«примесей» не превышает первых мас.% (табл.2). Пока не ясно, с чем связаны высокие концентрации Pb в станнидах золота и в самородном золоте – с изоморфным вхождением свинца в структуру вместо Sn (Sb) или с тончайшими вростками Au-Pb фаз. Пока последняя версия не подтверждается, однако этот вопрос требует дополнительного изучения.

Таблица 2

Ассоциация	Содержание « второстепенных » элементов (мас.%)				
	[SEM+EDD]				
	(Au,Ag)	Au_2Pb	$AuPb_2$	$AuSn$	$\sim Au_6Sn$
$Au_2Pb + AuPb_2$					Ag – 11.1
$Au_2Pb + Au_2PbSn$					
$Au_2Pb + AuSn$		Sn – 2.65 ; Sb – 1.29		Pb – 8.37; Sb – 5.0	
$Au_2Pb + AuPb_2 + AuSn$					
$AuPb_2 + AuSn$					
$Au_2Pb + AuSn + Au_3(Pb,Sb,Sn)_4$		Sn – 4.92; Sb – 1.43		Pb – 12.59; Sb – 5.29	
$Au_2Pb + (Au,Ag)$	Ag – 8.37; Sn – 5.02				
$(Au,Ag) + \sim Au_6Sn$	Ag – 6.99 ; Sn – 5.37				Ag – 6.54
$Au_{10}Sn + \sim Au_6Sn$					
$\sim Au_6Sn + AuSn$					

Интересно, что для всех проанализированных фаз (МРСА) наблюдается обратная зависимость между содержаниями «катионов» (Au+Ag) и «анионов» (Pb+Sn+Sb). При этом никаких зависимостей между содержаниями Pb, Sn и Sb (и их комбинациями) не установлено.

Финансовая поддержка Министерства науки, промышленности и технологий РФ (Госконтракт 43.016.11.1607).

Литература

1. Мурзин В.В., Бушмакин А.Ф., Сустанов С.Г. Хунчуньит, Au₂Pb, из россыпи р.Восточный Шишим (Средний Урал). 1994. Урал.Минерал.Сборник. №6
2. Разин Л.В., Сидоренко Г.А. Минерал.Журнал. 1989. Т.11, №4, С.88-96
3. Mandarino J. (1997). New Minerals 1990-1994. Mineral.Record, pp.90-94.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/mineral-14.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна