

В. В. Мурзин, А. Ф. Бушмакин, С. Г. Суставов

**ХУНЬЧУНЬИТ  $Au_2Pb$  ИЗ РОССЫПИ  
Р. ВОСТОЧНЫЙ ШИШИМ (СРЕДНИЙ УРАЛ)**

V. V. MURZIN, A. F. BUSHMAKIN, S. G. SUSTAVOV  
HUNCHUNITE  $Au_2Pb$  FROM PLACER OF THE  
EASTERN SHISHIM RIVER (MIDDLE URALS)

The mineral is found in the placer of the Eastern Shishim river. In heavy concentrates, it associates with chrome-spinellid, magnetite, ilmenite, native gold, minerals of platinum group. It forms growths with chrome-spinellid, native gold, osmium and anyuite. Octahedral crystals with size of 0.02 to 0.15 mm occur in polymineral grained aggregates (up to 1 mm), composed of hunchunite, native gold, anyuite and native lead. Microhardness is 270 — 344 kg/mm<sup>2</sup> (average from 6 testing is 312 kg/mm<sup>2</sup>). The mineral has rapidly become oxidized and covered by brown film. Coefficient of reflection (R, % nm): 47.8 — 420, 63.0 — 500, 71.3 — 600, 76.3 — 680. Average chemical composition and variations (wt. %): Au 62.8 (61.6—64.1), Cu 0.3 (0.2—0.4), Ag 1.0 (0.7—1.4), Hg 0.9 (0.2—1.8), Pb 34.4 (33.8—35.0). The sum is 99.4. Crystallochemical formula:  $(Au_{1.90}Ag_{0.05}Cu_{0.03}Hg_{0.03})_{2.01}Pb_{0.99}$ . The most intensive lines on X-ray diagram: 2.39 (8), 1.527 (4), 1.401 (5), 1.195 (3), 1.034 (5).

Впервые хуньчуньит открыт в аллювиальной россыпи р. Хуньчунь (Китай) в виде зерен размерами 0.017 — 0.05 мм в сростках с самородным золотом и анойитом  $AuPb_2$  [4]. В. В. Мурзиным он обнаружен в золото-платиноидных концентратах дражной отработки средней части р. Восточный Шишим (Восточно-Шишимская россыпь, линия 50, в 3 км к северу от пос. Пальники). Эта река протекает на южном замыкании Верх-Нейвинского массива альпинотипных гипербазитов, располагающегося в 40 км к северо-западу от г. Екатеринбург в западном экзоконтакте Верх-Исетского массива гранитоидов.

Продуктивный пласт, из которого извлечен хуньчуньит (вторая находка в мире), имеет сложное строение и образован чередованием слоев полимиктовых галечников, песков и глин в виде прослоек и цемента галечников. Материал галек представлен кварцем, сланцами, серпентинитами, пироксенитами, габбро, альбитофирами и др. Продуктивный слой перекрыт слабозолотоносными отложениями иловатых глин и супесей мощностью до нескольких метров.

Хуньчуньит установлен в пробе концентрата общим весом около 100 кг в процессе исследований по комплексному использованию россышных месторождений Урала, выполнявшихся Лабораторией геохимии Института геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН по заданию ПО «Уралзолото» в 1985—90 гг. Материал проб представлен плейстоценовым и голоценовым аллювием песчано-глинистого или галечно-гравийно-песчаного состава. В исследованных шлихах преобладают продукты размыва ультраосновных пород: обломки серпентинитов, пироксенитов, хромита, магнетита. В меньшем количестве присутствуют обломки кварца, кремнистых сланцев, скарированных пород, а в тяжелой фракции — ильменит, амфибол, пироксен, эпидот, циркон, монацит, турмалин, демантоид.

В концентратах с хуньчуньитом ассоциируют хромшпинелид, магнетит, ильменит, самородное золото, тетрааурикуприд, минералы платиновой группы (осмий, рутений, иридий, рутениридосмин, изоферроплатина, тетраферроплатина, туламинит, лаурит, эрликманит и др.), самородный хром, карбиды хрома. Количество хуньчуньита в тяжелой фракции очень незначительно и уступает количеству золота и минералов платиновой группы. Максимальная его встречаемость — в классах крупности менее 0.2 мм.

Хуньчуньит присутствует в составе полиминеральных зернистых агрегатов размером до 1 мм, состоящих из кристаллов хуньчуньита и выделений самородного золота (до 0.2 мм), сцементированных темно-серой массой, разрушающейся с поверхности до порошковатого состояния. Внешне хуньчуньит похож на октаэдрические кристаллики тусклого золота с развивающимися по нему серыми и черными пленками.

В сростаниях с полиминеральными агрегатами встречены пластинчатые кристаллы осмия, а также хромшпинелид. Выделения золота имеют самые разнообразные формы — от дендритов и отдельных кристаллов до пластинчатых и неправильных частиц. Проба «средняя» — 810—845. Золото содержит медь (0.2—0.3 %) и серебро (15.5—19.0 %), ртуть и свинец отсутствуют.

Цементирующая масса в отраженном свете желтовато-серая и обладает тонкой неоднородностью, обнаруживаемой травлением азотной кислотой и электронной микроскопией высокого разрешения. Эта масса представлена графическим или пластинчатым агрегатом двух фаз, трактуемыми нами как распад твердого раствора (рис. 1). Размер пластинок резко преобладающей по количеству фазы (80—90 % объема), как правило, значительно менее 1 мкм по толщине, редко до 2 мкм. Длина пластинок в срезе до 50 мкм. На микроанализаторе, обладающем высокой локальностью (менее 1 мкм), определено, что состав одной из пластинок (Au 31.64 и Pb 68.36 %) отвечает анюйиту  $\text{AuPb}_2$ . Морфология выделений анюйита соответствует описанному [5]. Между пластинками анюйита присутствует другая фаза (до 10—20 % объема), травящаяся в азотной кислоте и представляющая, по-видимому, остаточный твердый раствор существенно свинцового состава или самородный свинец.

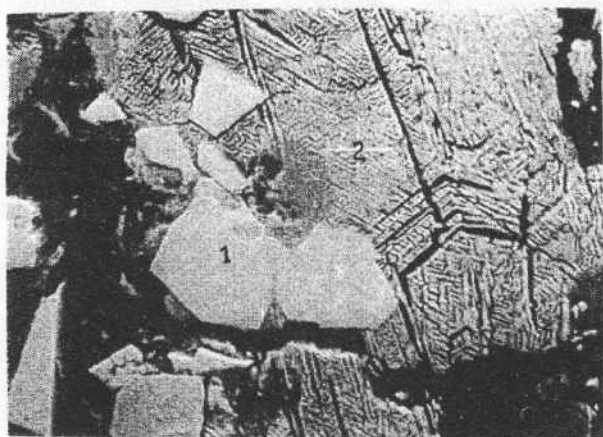


Рис. 1. Кристаллы хуньчуньита (1) среди пластинчатых агрегатов анюйита (2) в полированном срезе. Протравлено азотной кислотой.

Хуньчуньит находится в агрегатах в виде хорошо ограниченных блекло-желтых непрозрачных октаэдрических кристаллов размерами 0.02—0.05 мм, изредка до 0.15 мм (рис. 2). Часты параллельные сростки его кристаллов. В полированных срезах фиксируется их футляровидное строение с полостью в центре кристаллов, заполненной золотом или тонкорешетчатым агрегатом аююита. Эти же фазы отмечены и в виде включений в хуньчуньите.

В отраженном свете хуньчуньит светло-серый с кремовым оттенком и высокой отражательной способностью, изотропный. В сростках с золотом выглядит темнее его. На воздухе быстро тускнеет и через 2—3 суток покрывается коричневой пленкой. Отражательная способность хуньчуньита в области длин волн 420—680 нм измерена А. Ф. Бушмакиным в лаборатории Ильменского заповедника на установке, собранной на основе ПООС-1, на воздухе, с эталоном-кремнием. Спектр приведен на рис. 3 в сравнении со спектрами некоторых других минералов, заимствованными из [5, 6]. Форма спектра отражения хуньчуньита отвечает группе с аномальной дисперсией [5]. Значения отражательной способности этого минерала из Китая значительно ниже во всем диапазоне длин волн, что, на наш взгляд, связано с присутствием окисной пленки на его поверхности при исследовании первой находки.

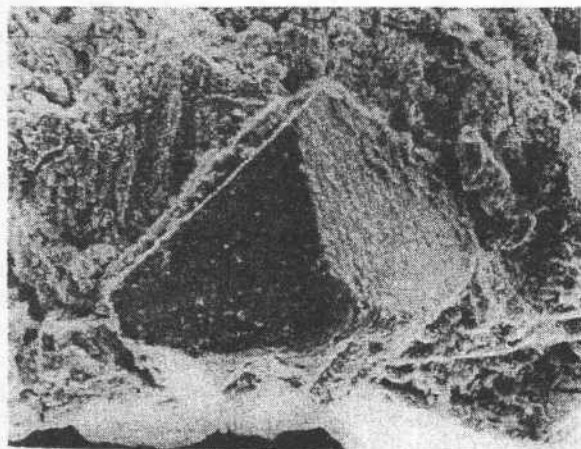


Рис. 2. Октаэдрический кристалл хуньчуньита на сколе полиминерального агрегата. Снимок на электронном растровом микроскопе.

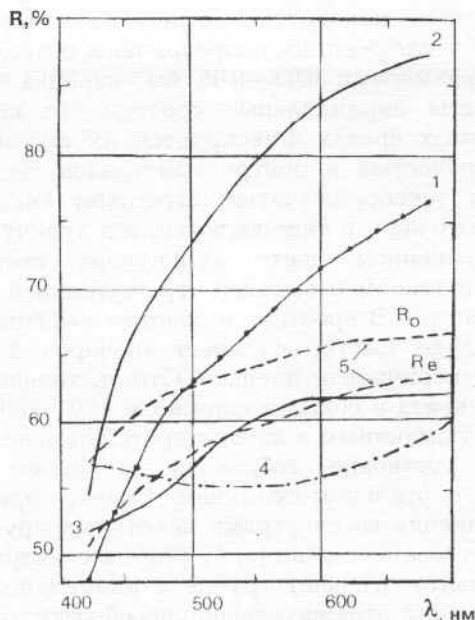


Рис. 3. Спектры отражения хуньчуньита (1), электрума (2), мальдонита (3), свинца (4) и анюйита (5).

Хуньчуньит, исследованный нами, немагнитен, спайность отсутствует. Микротвердость его, измеренная А. Ф. Бушкакиным на приборе DURIMET, равная в среднем  $312 \text{ кг/мм}^2$  (колебания 270—344, нагрузка 15 г, 6 определений), может рассматриваться как ориентировочная, поскольку из-за малых размеров кристаллов измерения проведены при небольшой нагрузке. Полученные значения существенно выше приводимых в описании первой находки ( $128\text{—}149 \text{ кг/мм}^2$ ).

Химический состав 10 зерен уральского хуньчуньита приведен в табл. 1. Наиболее значительные вариации содержания золота (61.6—64.1 %) обусловлены как изменениями концентраций примесных компонентов, так и высокой ошибкой его определения — 0.35 %. Средний же состав очень близок к стехиометрическому  $\text{Au}_2\text{Pb}$ . Кристаллохимическая формула, рассчитанная по среднему составу,  $(\text{Au}_{0.90} \text{Ag}_{0.05} \text{Cu}_{0.03} \text{Hg}_{0.03})_{2.01} \text{Pb}_{0.99}$ . Распределение всех элементов в пределах отдельных индивидов равномерное.

Таблица 1

## Химический состав хуньчуньита

Номера анализов	Содержание, мас. %					
	Au	Cu	Ag	Hg	Pb	Сумма
1	64.1	0.3	0.8	0.7	34.7	100.6
2	64.0	0.3	0.9	0.7	34.4	100.3
3	63.9	0.2	0.8	0.6	34.5	100.0
4	63.0	0.4	1.2	0.2	34.6	99.4
5	62.8	0.3	1.1	0.7	34.5	99.4
6	62.8	0.3	1.1	0.6	35.0	99.8
7	62.3	0.3	0.7	1.8	34.0	99.1
8	61.8	0.3	0.8	1.7	34.0	98.6
9	61.7	0.3	1.4	0.7	34.2	98.3
10	61.6	0.3	1.0	1.6	33.8	98.3
11	63.38	-	2.26	-	33.92	99.96

*Примечания.* Рентгеноспектральный микроанализ выполнен в Институте геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН Л. К. Ворониной. Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 20 нА. Аналитические линии:  $AuM_{\alpha}$ ,  $HgM_{\alpha}$ ,  $PbL_{\alpha}$ ,  $SbL_{\alpha}$ ,  $AgL_{\alpha}$ ,  $CuK_{\alpha}$ . Стандарты: HgTe, PbS, GaSb, чистые Au, Ag, Cu. Ошибка определения (%):  $Au \pm 0.35$ ,  $Cu \pm 0.04$ ,  $Ag \pm 0.06$ ,  $Hg \pm 0.14$ ,  $Pb \pm 0.23$ . Анализы 1—10 — из россыпи р. В. Шишим, 11 — из россыпи р. Хуньчунь.

Рентгенограммы хуньчуньита приведены в табл. 2. Параметр  $a_0$ , рассчитанный по отражению 1.034, равен  $7.94 \text{ \AA}$  и соответствует таковому для синтетического  $Au_2Pb$  и минерала из Китая. Вычисленная плотность —  $15.72 \text{ г/см}^3$ , что лишь немногим больше, чем у искусственного соединения —  $15.62\text{—}15.68 \text{ г/см}^3$  [1] и несколько ниже, чем у хуньчуньита с р. Хуньчунь ( $15.99 \text{ г/см}^3$ ).

Травление в кислотах не дало определенного результата, т.к. кристаллы хуньчуньита находятся в сростаниях с другими фазами. При помещении полиминеральных агрегатов в азотную и соляную кислоты хуньчуньит с ними не взаимодействует.

Судя по ассоциации с хромшпинелидами и платиноидами, этот минерал попадает в россыпь при разрушении хромитоносных гипербазитов. С аналогичным комплексом минералов связана находка анюита в россыпи р. Анюй [5]. Кроме того, известна находка золото-свинцового сплава переменного состава в серпентинизированных и карбонатизированных кимберлитах трубки Мир [7].

## Рентгенограммы хуньчуньита

Р. В. Шишим		Р. Хуньчунь		
I	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	I	$d_{изм}, \text{Å}$
-	-	-	21	4.595
2	2.81	2.807	30	2.810
8	2.39	2.394	100	2.391
10*	2.35	-	-	-
2	2.30	2.292	24	2.301
8*	2.04	-	-	-
2	1.617	1.6201	-	-
4	1.527	1.5281	23	1.526
8*	1.439	-	-	-
5	1.401	1.4036	-	-
2	1.211	1.2108	-	-
3	1.195	1.1970	26	1.196
5*	1.178	-	-	-
1	1.157	1.1460	-	-
1	1.059	1.0610	-	-
5	1.034	1.0337	-	-
1*	1.018	-	-	-

*Примечание.* УРС-60, камера РКД-57.3, Fe-излучение, препарат — резиновый шарик, эталон — германий. Звездочкой помечены линии золота. Аналитик С. Г. Сустанов.

Самородное золото в сростках с минералами платиновой группы (преимущественно с туламинитом) встречено нами в продуктах разрушения клинопироксенитов в контакте гипербазитов с телами габбро. Это могли быть зоны восстановительного метасоматоза, о чем свидетельствует присутствие в шлихах карбидов хрома. Ферхромид, а также несколько фаз системы Cr-C зафиксированы в этом же концентрате электронномикронным анализом и подтверждены рентгеновским методом (данные не опубликованы).

Соединение  $Au_2Pb$  устойчиво при температурах ниже  $418^\circ\text{C}$ , а  $AuPb_2$  — менее  $254^\circ\text{C}$  [1]. Поскольку анюит зафиксирован в решетчатых структурах распада, то можно полагать, что золото-свинцовые минералы образовались при температурах более  $250^\circ\text{C}$ .

Авторы глубоко признательны В. Н. Филипову (Институт геологии УрО РАН, Сыктывкар) за содействие при электронномикроскопическом изучении минерала и Л. А. Паутову (Ильменский заповедник, Миасс) за помощь в измерении отражательной способности.

## Литература

1. Вол А. Е., Каган И. К. Структура и свойства двойных металлических систем. Т. 3. М.: Наука. 1976. 814 с.
2. Минералы (справочник). Т. 1. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 617 с.
3. Новгородова М. И. Кристаллохимия самородных металлов и природных интерметаллических соединений//Итоги науки и техники, сер. Кристаллохимия. Т. 29. М.: ВИНТИ. 1994. 154 с.
4. Новые минералы. Хуньчуньит//Зап. Всерос. мин. об-ва. 1994, вып. 6. С. 87.
5. Разин Л. В., Сидоренко Г. А. Анюит  $\text{AuPb}_2$ —новый интерметаллид золота и свинца//Минер. журнал. 1989. Т. 11, № 4. С. 88—96.
6. Чвилева Т. Н., Безсмертная М. С., Спиридонов Э. М. и др. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. М.: Недра. 1988. 504 с.
7. Яковлев Я. В., Готовцев В. В., Маршинцев В. К. и др. Самородное золото и сплав золота со свинцом из кимберлитовых пород трубки Мир//Самородные металлы в изверженных породах. Ч. 1. Якутск. 1985. С. 73—76.