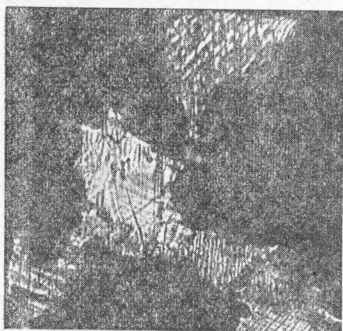


М. П. ЛОЖЕЧКИН

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ «МЕДИСТОГО ЗОЛОТА»

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 5 VI 1939)

Описываемый минерал обнаружен в Карабашском золоторудном месторождении (Соймоновская долина, Южный Урал) и был впервые отмечен А. В. Николаевым (6). По меднокрасноватой окраске и высокому содержанию меди в лигатуре он назвал минерал «медистым золотом». Позднее



Фиг 1

К. А. Ненадкевич (5) произвел химический анализ, который показал присутствие в золоте 20.4% Cu и 4.5% Ag. На основании этих данных В. И. Вернадский (1) констатировал, что «это наиболее богатое медью золото, физически однородное», и высказал предположение, что медистое золото представляет твердый раствор Cu—Au. В 1935 г. М. П. Ложечкиным (4) установлено, что оно является физически неоднородным, а представляет тонкую механическую смесь двух компонентов.

Минералографическое изучение показало, что на желтовато-красном фоне, соответствующем медистому золоту, наблюдаются зеленовато-желтые вrostки различной величины и формы. В последних можно подозревать чистое или высокопробное золото. Фиг. 1 и 2 иллюстрируют характер расположения этих вrostков и показывают микроструктуры, характерные для распада твердых растворов. Наиболее обычными являются решетчатая (фиг. 1) и пластинчатая (фиг. 2) структуры.

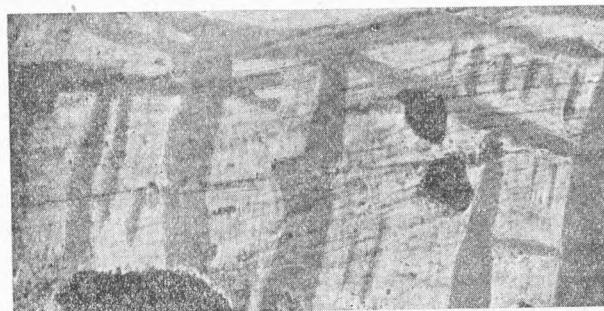
Медистое золото амальгамируется слабее, а травится сильнее высокопробного. В поляризованном свете первый компонент, обнаруживая слабую анизотропность, состоит из отдельных зерен ромбического сечения, а второй совершенно изотропен. Отражательная способность компонентов изучалась при помощи сравнительной камеры Иностранцева. Расположив изученные образцы по возрастающей величине отражательной способности, имеем: 1) самородная медь, 2) медистое золото, 3) высокопробные вrostки и золото из Степняка и Колымы, 4) тыелгинское золото (проба его равна 96—98.5) и химически чистое золото.

Изучение шлифов на нагревательном микроскопе Энделя—Самсонова показало, что медистое золото начинает окисляться при 260°. После нагре-

вания при 350° в течение 3 часов порошок золота совершенно почернел, покрывшись тонкими пленками тенорита, которые затем растворились в HCl, и металл принял свой обычный вид (красноватый цвет).

Приведенные выше данные показывают, что из валового химического анализа нельзя выводить формулу медистого золота, ибо он отражает лишь средний состав смеси двух минералов.

При попытке подойти к определению химического состава обоих минералов пришлось встретиться с фактом абсолютной невозможности их разделения. Поэтому были предприняты рентгенометрические исследования. Кроме того, для контроля, количества обоих минералов подсчитаны



Фиг. 2

под микроскопом пушинтегратором, а также произведен химический анализ. Химическому, минералографическому и рентгеновскому анализам подвергались пластинки золота из одного и того же образца. Эти исследования особенно интересно было провести еще потому, что экспериментальными работами (3) установлена полная смешимость Cu—Au в жидком и твердом состояниях, причем при понижении температуры (около 400°) эта смесь может распадаться на два химические соединения (CuAu и Cu₃Au), которые в свою очередь способны в известных пределах давать твердые растворы с чистыми компонентами. Для CuAu эти пределы определяются границами 42.5—70% (атомных) Au, а для Cu₃Au 22—40% (атомных) Au. Так как типы и параметры кристаллических решеток этих соединений, а также и сплавов Cu—Au, определены рядом исследователей рентгеногра-

Таблица 1

	I ⁽¹⁾		II ⁽¹⁾		III ⁽¹⁾	Атомный эквивалент	Cu ₃ Au ₂	AgAu ₄
	1	2	1	2				
Au	74.33	74.92	64.72	74.95	74.94	3 800	2 153	1 647
Ag	4.49	4.53	3.92	4.53	4.53	411	—	411
Cu	20.39	20.55	17.72	20.52	20.53	3 229	3 229	—
Нерастворимый остаток	0,26	—	12.80	—	—	—	63,0	37,0
	99,47%	100%	99,16%	100,00%	100,00%	—	64,0	36,0

(¹ I—анализ 1911 г. (²); II—анализ 1935 г. (⁴); III—среднее из I и II анализов.

фически, то предпринятый рентгеновский анализ преследовал цель выявления химического состава обоих природных минералов и установления формы связи составляющих их элементов (по аналогии, наличие химических соединений CuAu и в нашем случае казалось вполне возможным).

Рентгеновское исследование (анализ произведен в лаборатории Всесоюзного института минерального сырья А. Н. Ляминой) показало, что карабашское золото действительно является смесью двух компонентов. Один из них представляет золото с постоянной кубической решеткой $a=4.06 \text{ \AA}$, а другой—твердый раствор Cu—Au , содержащий 60% (атомных) Cu ($a=3.83 \text{ \AA}$). Второй компонент резко преобладает в образце, так как его линии наиболее интенсивны; кубическая же решетка говорит о том, что перед нами не химическое соединение, а твердый раствор, ибо искусственный купроаурит (CuAu), согласно исследованиям Г. Н. Johansson⁽²⁾ и др., обладает тетрагональной решеткой.

Что касается первого компонента, то он, вероятно, совершенно свободен от примеси Cu , но содержит Ag . Во всяком случае количество Cu в нем не может быть более 6% (атомных); эта величина соответствует уменьшению параметра решетки чистого золота (4.07 \AA) на 0.01 \AA . Однако такое же отклонение может быть вызвано и погрешностью при определении постоянной решетки.

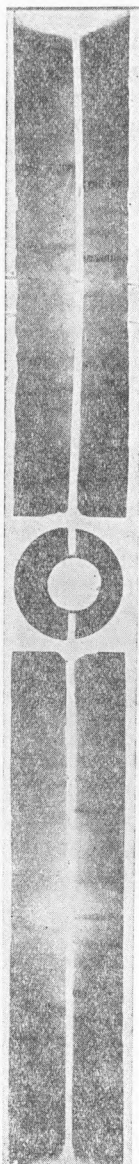
В табл. 1 приводим химические анализы карабашского медистого золота, представляющего смесь двух охарактеризованных выше компонентов и пересчет на минералы.

При расчете атомных эквивалентов на минералы состав медистого золота принят соответственно данным рентгеновского анализа; все серебро связано в высокопробном компоненте на основании следующих соображений⁽¹⁾: серебро с золотом дает смеси в очень широких пределах, в то время как для смесей Ag—Cu эти пределы весьма ограничены. Кроме того данные многочисленных анализов карабашского медистого золота (пробы золотосплавочных лабораторий) устанавливают, что уменьшение в нем Cu идет всегда параллельно с возрастанием Ag . Наконец, в образце, в котором высокопробный компонент наблюдался в небольшом количестве и не был выявлен на дебаеграммах (фиг. 3), содержание Ag оказалось равным около 2%, т. е. значительно меньшим, чем в первом образце.

Таким образом, в составе карабашского медистого золота имеется 63% медистого золота и 37% серебряного золота. Высокое отношение $\text{Au} : \text{Ag}$ во втором компоненте значительно отличает его от электрума и отвечает содержанию в нем около 12% весовых Ag .

На основании произведенных исследований состав природного медистого золота можно считать отвечающим формуле Cu_2Au_2 , что соответствует содержанию в нем 32.5% весовых Cu вместо 20.5% весовых, как это предполагалось раньше. По структуре оно отличается от искусствен-

⁽¹⁾ Ввиду тождества параметров решеток золота и серебра (4.07 \AA), наличие последнего нельзя выявить рентгеновским анализом.



Фиг. 3

ного купроаурита (CuAu) кубической решеткой, а по составу занимает промежуточное положение между ним и трикупроауритом Cu_3Au . Конечно, поскольку минерал не представляет собой химического соединения, эта формула является эмпирической и приблизительной, ибо стехиометрические отношения в твердом растворе необязательны.

Все же представлялось интересным установить пределы колебания отношений $\text{Au} : \text{Cu}$, что и было сделано при помощи рентгеновского анализа других образцов.

Две новые дебаграммы говорят об изменении параметра кубической решетки медистого золота. При этом на одной из них видны следы линий серебристого золота, а на другой они полностью отсутствуют. Вычисление параметров по первой дебаграмме дает $a = 3.91 \text{ \AA}$, а по второй $a = 3.93 \text{ \AA}$.

Вторая дебаграмма (фиг. 3) снята со стандартом химически чистого золота и на ней ясно видно смещение линий медистого золота по отношению к стандарту.

Таким образом, изменение параметра решетки для медистого золота (от 3.83 до 3.93 \AA) в разных образцах указывает на сравнительно небольшое изменение содержания Cu в этом минерале: от 56 до 60% (атомных). Однако недостаточное количество изученных образцов не дает возможности ограничивать пределы колебания указанными цифрами. Более того, имеются некоторые основания предполагать расширение этих границ в обе стороны. Так, пользуясь анализами карабашского медистого золота (данные золотосплавочной лаборатории), мы видим, что состав его колеблется в значительных пределах. Беря крайние цифры (в атомных процентах), имеем: 1) $\text{Au} = 51.9$, $\text{Ag} = 1.4$, $\text{Cu} = 47.0$; 2) $\text{Au} = 87.2$, $\text{Ag} = 8.8$, $\text{Cu} = 4.0$. Пересчитав эти данные на атомный эквивалент и принимая состав серебристого золота соответственно полученным выше данным (AgAu_4), получаем, что в составе медистого золота в первом анализе содержание Cu равно 33% (атомных), а во втором 76.9% (атомных).

Отсюда кажется вполне возможным колебание в составе медистого золота приблизительно от CuAu_2 до Cu_3Au .

Итак, медистое золото Карабашского месторождения не является однородным минералом, а состоит из двух компонентов: серебристого золота и медистого золота. В отношении последнего следует отметить крайне высокое содержание меди [$56-60$, а возможно $33-77\%$ (атомных)] и с этой точки зрения целесообразно выделить его, подобно электруму, в новый минерал, оставив название медистого золота только для разновидностей, содержащих медь в более или менее обычных количествах. К минералу, окисляющемуся при такой низкой температуре (260°), нецелесообразно применять название золота—благородного металла. Естественнее всего назвать его **к у п р о а у р и д о м**, поскольку искусственное медистое золото уже получило это название.

Поступило
5 VI 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Вернадский, Тр. Акад. Наук, I (1909). ² G. N. Johansson и J. O. Linde, Ann. d. Physik., 78 (1925); 82 (1927). ³ Н. С. Курнаков, Собр. пам. К. Маркса, Акад. Наук (1930). ⁴ М. П. Ложечкин, Тр. УФАН, № 4 (1935). ⁵ К. А. Ненадкевич, Тр. геол. муз. АН, V (1911). ⁶ А. В. Николаев, Мат. геол. России, XIII (1908).