

Академик Н. А. ШИЛО, М. С. САХАРОВА, Ю. А. БАТРАКОВА,
С. К. РЯХОВСКАЯ

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СОСАЖДЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ИЗ ВОДНЫХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ РАСТВОРОВ

Один из возможных механизмов отложения самородного золота из гидротермальных растворов — осаждение его на сульфидах в результате электрохимических взаимодействий минералов с рудообразующими растворами (1). Как известно, природное золото практически всегда содержит серебро, представляя собой золото-серебряный твердый раствор. Поэтому для выяснения вопросов генезиса самородного золота необходима информация о явлениях, протекающих в золото-серебряных системах — в первую очередь о механизме сокристаллизации золота и серебра и о физико-химических условиях этого процесса. Процесс соосаждения золота и серебра из водных хлоридно-аммиачных комплексов до настоящего времени исследован мало, а имеющиеся сведения по соосаждению этих металлов касаются главным образом цианидных и тиомочевинных растворов (2).

В проведенных работах изучалось соосаждение золота и серебра из растворов с различным отношением Au:Ag. Рабочие растворы готовились из 10^{-3} M HAuCl_4 и 10^{-3} M AgNO_3 , взятых в разных соотношениях, с использованием NH_4OH в качестве комплексообразователя, pH растворов 10. Осаждение осуществлялось на пирите и инертной подложке — платине. Выбор такой инертной подложки, как платина, обусловлен необходимостью изучить соосаждение золота и серебра без наложения на этот процесс влияния продуктов растворения сульфидов. Работы велись при комнатной температуре в условиях доступа воздуха.

Накопление золото-серебряных осадков осуществлялось катодной поляризацией при плотности тока $4 \cdot 10^{-6}$ а/см², так как при больших плотностях тока имеют место диффузионные ограничения, что приводит к наложению на процесс соосаждения золота и серебра других электрохимических процессов. Состав полученных осадков оценивался по процентному содержанию Ag. Последнее определялось как разность его содержания в растворе до и после опыта (методом потенциометрического титрования), отнесенное к весу осадка; проводился также анализ осадка на Au и Ag при помощи микроанализатора ЖХА-50А. Процессы, протекающие при сокристаллизации золота и серебра, и механизм этих явлений изучались методом измерения поляризационных кривых. В растворах, содержащих оба компонента в значительных количествах, например Au:Ag=2:1 (рис. 1а), на катодных ветвях поляризационных кривых, измеренных на платине, отчетливо выделяются два горизонтальных участка. Они соответствуют процессу восстановления золота по реакции $\text{Ag}^{3+} + 3\text{e} = \text{Au}^0$ и восстановления серебра $\text{Ag}^+ + \text{e} = \text{Ag}^0$. При этом отношение длины горизонтальных участков примерно пропорционально отношению Au:Ag в растворе. При значительном увеличении содержания в растворе серебра (рис. 1б) на кривой проявляется один пологонаклонный участок. Это свидетельствует о преимуществе процесса восстановления серебра, однако не означа-

ет, что процесс восстановления золота полностью прекращается. Оба процесса в этом случае протекают одновременно. Аналогичные результаты были получены при увеличении в растворе содержания золота.

Кривая зависимости состава золото-серебряных осадков от отношения $Au:Ag$ в растворе имеет сложный вид (рис. 2). Она свидетельствует об отличии отношения $Au:Ag$ в осадке от отношения их в исходном растворе. Если бы состав осадка изменялся в зависимости от состава исходных золото-серебряных систем, то имела бы место прямая с наклоном 45° .

На практике мы имеем кривую сложного вида, которая свидетельствует об обогащении осадка количественно преобладающим компонентом. Верхняя часть кривой показывает обогащение осадка золотом. Точки кривой соответствуют пробыности осадка, изменяющейся от 950 до 280, что отвечает твердому раствору на основе золота с широкой вариацией содержания серебра. Эти осадки соответствуют природному золоту высокой пробыности (980—760) и электруму (610—280). Нижний отрезок характеризует твердый раствор на основе серебра с ограниченным содержанием золота, что соответствует природному кустелиту. Причем область твердых растворов со значительным содержанием золота намного шире, чем область твердых растворов на основе серебра.

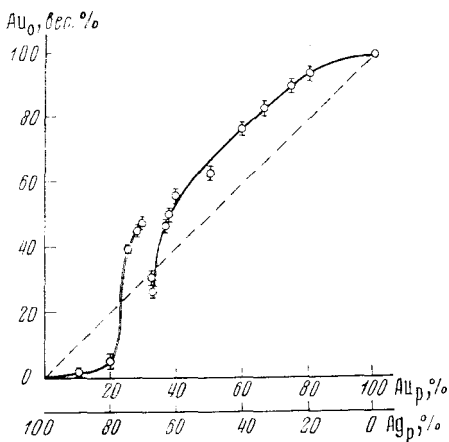


Рис. 2. Кривая зависимости состава осадка (0) от состава раствора (р) с различным соотношением золота и серебра

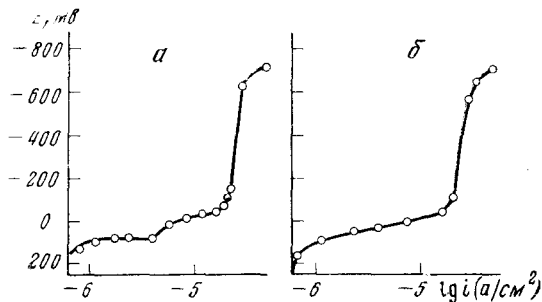


Рис. 1. Катодные поляризационные кривые, измеренные на платине в золото-серебряных системах — в растворах с разным отношением $Au:Ag$ ($a - 2:1, b - 1:10$)

Интересно отметить, что кривая зависимости состава осадка от состава раствора не непрерывна, а имеет две ветви; это позволяет высказать предположение о двух механизмах кристаллизации и о разрывности ряда золото-серебряных твердых растворов.

Исследование полученных искусственно $Au-Ag$ -минералов методом сканирования на микроанализаторе показало, что распределение как золота, так и серебра в образцах высокой и средней пробыности является статистическим. Равномерное распределение компонентов подтверждается также записью концентрационных кривых и микрозондированием отдельных зерен осадка.

Нами проведено дифрактометрическое изучение полученных осадков.

Этими исследованиями установлено изменение параметров решетки в зависимости от состава осадка, аналогичное зависимости, выявленной Кармазиным⁽³⁾ для искусственных $Au-Ag$ -сплавов. Подтверждено наличие минимума значений a для осадков с повышенной серебристостью.

Таким образом, в результате проведенных работ получены золото-серебряные осадки, изучено влияние состава раствора на состав осадка. Показано, что эти осадки являются твердыми растворами золота и серебра, аналогичными самородному золоту.

Получение искусственных золото-серебряных минералов, идентичных природным, методом электрохимического соосаждения золота и серебра еще раз подтверждает возможность электрохимической природы процесса отложения золота из гидротермальных растворов.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
12 V 1974

Северо-Восточный комплексный
научно-исследовательский институт
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР
Владивосток

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. С. Сахарова, Междунар. геол. конгр., XXIII сессия, Докл. сов. геологов, Пробл. 7, 1968. ² В. И. Лайнер, Современная гальванотехника, М., 1967. ³ L. Kar-tazin, Accurate Measurement of Lattice Parameter of Ag—Au Solid Solution, I, Phys., Brno, 1969.