

*Г.Н. ГАМЯНИН, Ю.Я. ЖДАНОВ, И.Я. НЕКРАСОВ, Н.В. ЛЕСКОВА***"ГОРЧИЧНОЕ" ЗОЛОТО ИЗ ЗОЛОТО-СУРЬМЯНЫХ РУД
ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ**

В ряде золото-сурьмяных рудопроявлений Якутии наряду с обычными монолитными выделениями самородного золота желтого цвета встречается золото красновато-коричневого, коричневого, буро-коричневого и сажисто-бурого цвета. Оно образует рыхлые пористые примазки на монолитном золоте и редко наблюдается в виде мельчайших (0,01 мм) самостоятельных выделений [4]. В геологическую литературу [7, 8] по золото-сурьмяному оруденению оно вошло под общим названием "горчичное" золото. Отличительной его особенностью считалось ячеисто-губчатое строение агрегатов. При детальном изучении этих агрегатов, широко развитых как в рудопроявлениях описанных авторами работ [7, 8], так и в других золото-сурьмяных объектах, оказалось, что "горчичное" золото образуется в виде следующих 6 структурных типов: губчатого, или ячеисто-губчатого, гомогенного, полигонального, ритмично-зонального, почковидного и землистого. Эти структурные разновидности золота различаются и по составу.

Губчатые агрегаты "горчичного" золота в большинстве случаев отмечаются в виде каемок различной (0,01n—0, n мм) ширины на монолитном золоте (рис. 1, а). Реже они образуют самостоятельные комковатые выделения, в которые включены арсенипирит, пирит и рисовидные кристаллы кварца. Строение этих агрегатов золота сложное: ячейки в них разноразмерные, неправильных, реже овальных очертаний. От стенок во внутреннюю часть ячеек часто отходят многочисленные тончайшие ответвления золота прихотливой формы, сходные с заусенцами. Нередко ячейки тесно смыкаются между собой. Размер ячеек закономерно возрастает, а стенки их слаживаются по мере удаления от контакта с монолитной золотиной или от центра агрегата к периферии. Поэтому внешние зоны таких агрегатов напоминают соты. Эти соты-ячейки удлинены в направлении к контуру губчатого агрегата. Губчатый каркас ячеек сложен микрoзернистым (0,001—0,005 мм) агрегатом самородного золота, а сами ячейки выполнены окислами сурьмы или антимонитом. Ширина перегородок ячеистого каркаса обычно не превышает толщину 1—2 микрoзерен и лишь в местах их сочленения возрастает в 3—4 раза. В то же время монолитное золото, окруженное губчатым, сложено зернами, размер которых на 1—2 порядка выше, чем размер микрoзерен, слагающих стенки каркаса. Окислы сурьмы, выполняющие ячейки-соты, представлены кермеситом, стибиоконитом и сервантитом. Кермесит располагается в центре ячеек нередко вместе с полуюкисленным антимонитом. В первичных золото-сурьмяных рудах в ячейках совместно с антимонитом иногда отмечается валентинит. Локальный рентгеноспектральный анализ показал, что губчатое золото перегородок сот-ячеек представлено высокопробной разновидностью (см. таблицу, ан. 1), в то время как в первоначальном монолитном золоте в существенном количестве присутствует Ag (см. таблицу, ан. 2 и 3).

Гомогенное "горчичное" золото встречается реже, чем губчатое. Оно образует сплошные или прерывистые каемки вокруг монолитных золотинок. Реже наблюдаются гомогенные агрегаты "горчичного" золота обособленно от первичных монолитных золотинок. Любопытно, что каемки гомогенного "горчичного" золота образуют тонкие прожилки и просечки в ауристибите. Для этой разновидности "горчичного" золота характерно несколько цветовых оттенков: розоватый, буро-темно-желтый, оливково- или зеленовато-бурый. Розовое и буровато-темно-желтое золото тесно связано с монолитными первичными золотинами, т.е. образует на них каемки шириной сотые доли миллиметра. Кроме цвета, такие розовые участки, или каемки, ничем не отличаются от монолитных золотинок (рис. 1, б). При травлении таких золотинок царской водкой с

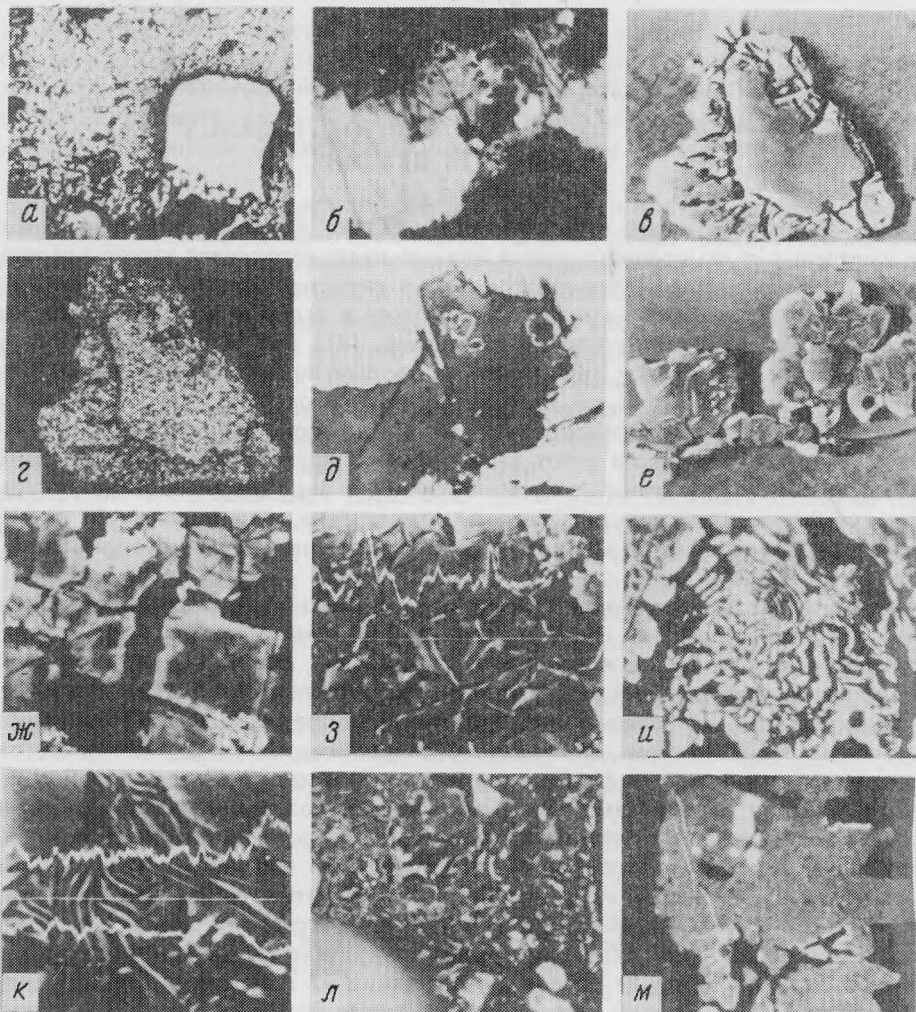


Рис. 1. Структурные разновидности "горчичного" золота

а — губчатое около монолитной золотины, аншлиф, увел. 250; *б* — розоватое около монолитного, аншлиф, увел. 200; *в* — кайма гомогенно-однородного на монолитном, изображение в обратнорассеянных электронах, увел. 1000; *г* — то же, в характеристическом излучении золота; *д* — гомогенное оливково-бурое среди антимонита (белое), аншлиф, увел. 400; *е* — полигональное около монолитного: видны зоны разных оттенков, изображение в обратнорассеянных электронах, увел. 1000; *ж* — полигональное с постепенными изменениями цветовых оттенков, аншлиф, увел. 250; *з* — профиль распределения золота через полигональное выделение, увел. 1500; *и* — ритмически-зональное, аншлиф, увел. 600; *к* — профиль распределения золота (верхний) и сурьмы (нижний) через ритмически-зональное выделение, увел. 2000; *л* — почковидное, аншлиф, увел. 500; *м* — землистое, аншлиф, увел. 600

хромовым ангидридом выявлялись даже двойники, которые из желтого монолитного золота продолжались в розовое, несмотря на резкость границ между ними. По данным рентгеноспектрального анализа розовое золото каемок отличается от желтого монолитного присутствием Sb (см. таблицу, ан. 4). Буровато-темно-желтое золото располагается в виде каемки вслед за розовым или непосредственно примыкает к монолитному. Его границы с ними, как правило, резкие, как бы отштурованные (рис. 1, *в*). Цвет такой каемки довольно стабилен. Однако, несмотря на кажущуюся однородность, при больших увеличениях в буровато-темно-желтом золоте наблюдаются поперечные трещинки "усыхания". Состав буровато-темно-желтого зо-

Результаты локального рентгеноспектрального анализа "горчичного" золота

Номер анализа	Анализируемое выделение золота	Число анализов	Au	Ag	Sb	Fe	As	O		
			мас. %							
1	Губчатое (из перегородок ячеек)	12	99,7	—	—	—	—	—		
2	Монолитное	18	98,0	1,8	—	—	—	—		
3	Светлые участки в монолитном, гомогенном золоте	4	78,3	21,9	—	—	—	—		
4	Розоватое	7	96,8	—	2,7	—	—	—		
5	Буро-темно-желтое	6	98,1	—	—	—	—	Не опр.		
		10	86,8	—	3,1	—	—	"		
		1	77,1	—	11,0	—	—	"		
		4	73,9	—	5,5	8,7	—	"		
6	Оливково-бурое, зеленовато-бурое в антимоните и кварце	5	50,8	—	38,1	—	—	11,2*		
		6	46,8	—	24,9	0,9	1,8	15,6*		
7	Полигональное	оболочка полигонов и буро-коричневая зона	2	98,2	—	—	—	—	—	
			5	89,6	—	—	—	—	Не опр.	
		серо-бурая зона	3	81,4	—	4,8	—	—	"	
			3	66,3	—	—	—	—	"	
		серовато-бурая зона	4	55,1	—	21,2	—	—	"	
			1	45,2	—	—	—	—	10%**	
		бурая зона	1	63,3	—	—	—	—	10%	
		желтовато-бурая зона	1	83,7	—	—	—	—	10%	
		буро-коричневая зона	1	95,2	—	—	—	—	—	
		8	Ритмично-зональное	бурые	5	56,3	—	—	—	—
3	37,2				—	26,1	—	—	"	
желтые	4			76,5	—	—	—	—	"	
	6			67,8	—	12,1	—	—	"	
по зонам от центра	серо-бурая			1	36,4	—	—	—	—	Не опр.
	светло-желтая			1	69,8	—	—	—	—	"
	бурая			1	47,9	—	—	—	—	"
	желтая			1	75,4	—	—	—	—	"
	буро-желтая			1	53,2	—	—	—	—	"
	ярко-желтая			1	98,1	—	—	—	—	"
9	Почковидное по зонам	серо-бурая	3	59,4	—	—	—	—	Не опр.	
		желтовато-бурая	2	85,5	—	—	—	—	"	
10	Землистое золото	7	74,9	—	—	—	0,8	"		
		4	89,4	—	4,6	1,2	—	"		

Примечание. Анализы выполнены на приборе JXA-50A, эталоны AuSb₂, Ag — 100%; напряжение 25 кВ, Au-M_α, Ag-L_α. Одной звездочкой отмечены образцы, в которых определение кислорода выполнено Л. К. Поспеловой в ИГиГ СО АН СССР на приборе JXA-50A, эталон Bi₂O₃, напряжение 20 кВ; двумя звездочками — образцы, в которых содержание кислорода приведено по данным полуколичественного анализа.

лота в пределах одного агрегата стабильный (рис. 1, з), а от одного к другому агрегату может в значительной степени варьировать по Au и Sb. Иногда в нем отмечается примесь железа (см. таблицу, ан. 5).

Оливково-зеленовато-бурые разновидности гомогенного "горчичного" золота отмечаются в виде как тонких каемок на золоте и аурустибите, так и мелких выделений среди неокисленного антимонита (рис. 1, д). Зернистое строение агрегата подчеркивается различием в цветовых оттенках соседних зерен. Рентгеноспектральный анализ

оливково-зеленовато-бурых золотосодержащих агрегатов (см. таблицу, ан. 6) позволяет сделать вывод об их принадлежности к антимонатам золота. На данном этапе изученности уверенно могут быть выделены две минеральные фазы антимонатов. Первая из них, образующая самостоятельные обособления в антимоните или каемки вокруг аурустибита, отвечает составу AuSbO_3 , а вторая, развивающаяся по включенным в кварц золоти́нам, вероятно, представляет собой водосодержащую разность аурантимоната. В виде примеси в ней установлены Fe и As (см. таблицу, ан. 6).

Агрегаты "горчичного" золота с полигональными структурами распространены достаточно широко. В них под микроскопом отчетливо видны четкие шестигранные полиэдры, напоминающие "такыры" (рис. 1, е). По внешнему контуру таких полигональных зерен, как правило, располагаются тончайшие каемки (1–100 мкм) чистого золота, а по внутреннему — выявляются зоны с различными цветовыми оттенками — от серовато-бурых в центре через желтовато-коричневые до буро-коричневых на периферии. Границы между этими зонами с разным цветовым оттенком могут быть отчетливые или распылячатые (рис. 1, ж). В отдельных полиэдрах на общем равномерно-буроватом фоне отмечается мельчайшая сыпь микрокристалликов золота многогранной (6–8) формы. Иногда полиэдры имеют однородную окраску и ясно выраженные трещинки "усыхания". Они начинаются у вершин полиэдров и, постепенно расширяясь, сходятся к центру, образуя здесь своеобразные полости. Содержание Au в полигональном "горчичном" золоте изменчиво. Оно возрастает от 45 мас.% в серовато-бурых участках внутренних зон до 96 мас.% в буровато-коричневых участках внешних зон (рис. 1, з; см. таблицу, ан. 7). Среди них наряду с чистыми беспримесными разностями встречаются и Sb-содержащие разности, но влияние Sb на цветовые оттенки "горчичного" золота не сказывается.

"Горчичное" золото с ритмично-полосчатыми структурами представлено обособленными выделениями или небольшими скоплениями крупных полигональных агрегатов. Обычно это моно- или полисфероидальные образования с чередующимися зонами светло-желтых и серовато-бурых цветовых оттенков. Их рисунок под микроскопом похож на груборитмичные дактилоскопические сфероидальные отпечатки (рис. 1, и) с расходящимися от центра трещинками "усыхания". Наряду с беспримесными встречаются разности ритмично-полосчатых образований "горчичного" золота, содержащие сурьму, причем темноокрашенные зоны имеют более высокую концентрацию Sb (рис. 1, к; см. таблицу, ан. 8). Почковидные выделения "горчичного" золота представлены изометричными скоплениями оолитоподобных частиц или их линейно вытянутыми цепочками. Зональность выделений подчеркивается контурами зон чистого золота микронной толщины и чередованием цветовых оттенков в пределах почковидных выделений (рис. 1, л). Их состав (см. таблицу, ан. 9) сходен с составом агрегатов "горчичного" золота полигонального и ритмично-зонального строения.

Землистые разновидности "горчичного" золота образуют как самостоятельные обособления, так и участки среди золота с полигональными, почковидными или ритмично-полосчатыми структурами. При малых увеличениях они имеют буровато-коричневый оттенок и выглядят гомогенными образованиями. Однако при больших увеличениях отчетливо видна их негомогенность и тонкодисперсность (рис. 1, м): на общем серовато-буром фоне относительно равномерно рассеяны округлые частицы высокопробного золота. Среди всех вышеназванных разновидностей "горчичного" золота землистые агрегаты наиболее обогащены примесными элементами. Кроме Sb, в них установлены Fe и As (см. таблицу, ан. 10). Наряду с равномерным дисперсным строением отдельных агрегатов встречаются скопления землистого "горчичного" золота с неравномерной дисперсностью. В их внешних частях отмечается увеличение размеров микрокристалликов золота, которые могут последовательно укрупняться и в конечном счете сливаться в тончайшую неправильную каемку по контуру выделения.

В большинстве случаев мы имеем дело с выделениями "горчичного" золота, для

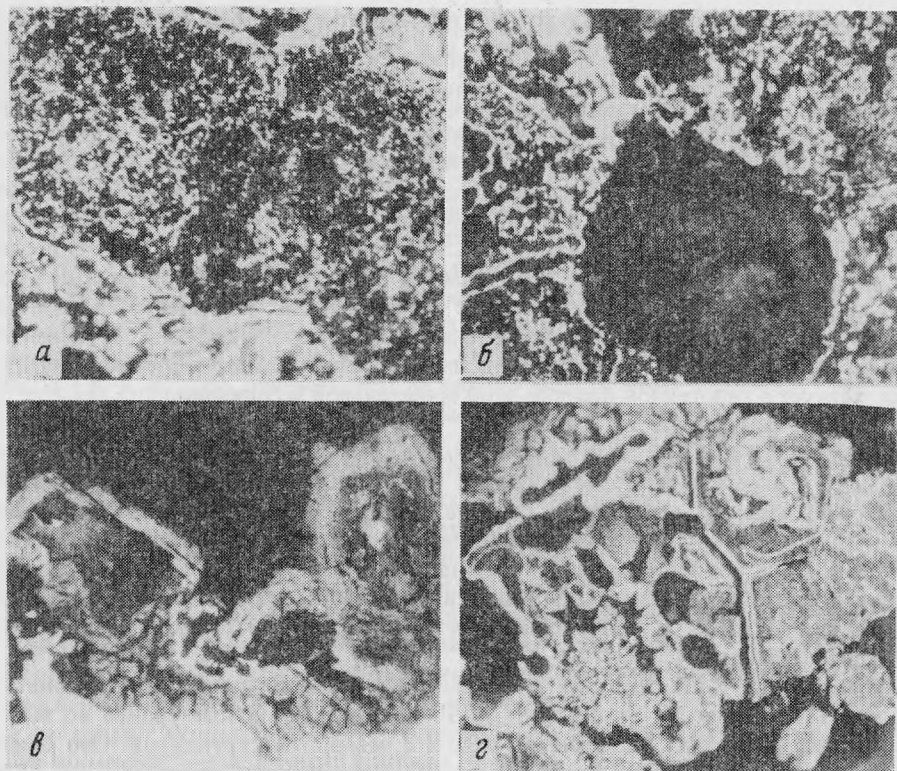


Рис. 2. Структуры преобразования гомогенно-однородного "горчичного" золота

a — распад на тонкодисперсную смесь микрокристаллитов золота (белое) и окислов сурьмы с сохранением первичного структурного рисунка, аншлиф, увел. 400; *б* — формирование губчатых структур за счет дисперсных путем перегруппировки вещества, аншлиф, увел. 400; *в* — дифференциация вещества в зоны разной окраски и состава вплоть до чистого золота (ярко белое), аншлиф, увел. 450; *г* — появление краевых каемок чистого золота (ярко белое) в полигональном выделении с тонкодисперсным распадом и зональным перераспределением вещества внутри полиэдров, аншлиф, увел. 600

которых характерно сочетание перечисленных структурных разностей при ведущей роли одной из них в каждом обособленном агрегате. Несмотря на достаточно большие размеры (10–15 мкм) однородных участков, при рентгеноспектральном анализе мы не имеем 100 мас.% суммы компонентов с учетом таких примесей, как Sb, Fe и As, включенных в таблицу, а также Si, Na и Al, составляющих десятые и сотые доли процента. Из таблицы видно, что содержание Au в разных выделениях "горчичного" золота колеблется в широких пределах. Высокое содержание Au и соответственно повышенное отражение свойственны агрегатам или их участкам с желтовато-коричневыми оттенками окраски. Качественно в отдельных участках "горчичного" золота установлен кислород, что позволяет высказать предположение о существовании оксидных или даже гидроксидных фаз золота или сурьмянистого золота.

Вопрос об условиях образования "горчичного" золота требует специального рассмотрения. На первом этапе изучения окисленных золото-сурьмяных руд все находки "горчичного" золота связывались с гипергенным процессом [7]. При этом исследователи имели в своем распоряжении агрегаты исключительно губчатого строения, ячейки которых были выполнены окислами сурьмы (рис. 2, *a*). Лишь в центральной части некоторых агрегатов наблюдались реликты монолитного золота и антимонита. Это факт и послужил основанием для вывода о гипергенной природе "горчичного" золота.

При изучении руд с глубоких горизонтов золото-сурьмяных месторождений оказалось, что "губчатое" золото встречается и в них, но ячейки-соты в таких агрегатах оказались заполненными антимонитом, т.е. в данном случае агрегат представлен субграфическими золото-антимонитовыми сростками. Более того, такие же субграфические сростки развивались и по аурустибиту, который окаймляет монолитное золото. Субграфические сростки золота и антимонита в таких участках по аналогии с данными П. Рамдора [11] рассматривались как продукты разложения аурустибита. Мнение о том, что практически все "горчичное" золото связано с гипогенным разложением аурустибита, было высказано Л.Н. Индолевым и др. [8, с. 205]. В последнее время нами наряду с губчатыми агрегатами в первичных рудах из разных уровней рудных тел были найдены описанные выше разновидности "горчичного" золота. Среди агрегатов всех этих разновидностей установлены включения совершенно не измененных сульфидов и сульфосолей (пирита, арсенопирита, халькостибита, блеклой руды), что свидетельствует о гипогенной природе этой минеральной ассоциации.

Гомогенные разновидности "горчичного" золота, в том числе описанные выше аурантимонаты, встречаются в золото-сурьмяных рудах редко. В большинстве своем мы имеем дело с агрегатами, подвергшимися существенным изменениям, прежде всего дезинтеграции некогда однородных выделений, и, как следствие этого, их вещество уже перегруппировано. Нам представляется, что подобные преобразования первично-гомогенных выделений "горчичного" золота могут осуществляться двумя способами: быстрым разложением исходного вещества аурантимонатового состава на золото и соединения сурьмы и медленной перегруппировкой первичной метастабильной коллоидной фазы.

О возможности существования первичного вещества в виде аурантимоната свидетельствует стабильность отношения Au/Sb на микрозондовом уровне во всех тонкодисперсных агрегатах "горчичного" золота с землистой структурой. Оно близко к тому, которое свойственно соединению $AuSbO_3$. Мы не исключаем, конечно, возможность образования и более сложных золото-сурьмяных соединений, представляющих собой комплексы Au(III) с лигандами, координированными через Sb. Они образуются обычно в результате окислительно-восстановительных реакций с участием галогенов. Для них характерна желто-бурая до черной окраска [10], подобная окраске некоторых разновидностей "губчатого" золота. Такие комплексные соединения Au(III) обычно неустойчивы и разлагаются с образованием самородного золота и соответствующей фазы Sb, состав которой определяется режимом кислорода-серы в системе. Поэтому не случайно, что в первичных рудах ячейки-соты "горчичного" золота заполнены антимонитом, а в окисленных рудах — кремнеземом, а также окислами сурьмы. Отмеченное выше увеличение размеров частичек золота в периферических зонах полигональных, почковидных или полосчатых образований и смыкание их в перемычки между ячейками связаны с дальнейшей собирательной кристаллизацией продуктов распада исходной фазы. В конечном счете это приводит к возникновению наблюдаемых губчатых структур "горчичного" золота. Заметим, что нередко в пределах одного выделения могут наблюдаться продукты всех упомянутых стадий преобразования первичного гомогенного вещества — аурантимоната (рис. 2, б).

Сущность второго способа образования агрегатов "горчичного" золота состоит в постепенном преобразовании коллоидных гомогенных выделений оксидов или гидроксидов Au(III) и Sb. Напомним, что для оолитоподобных, ритмично-зональных и полигональных выделений "горчичного" золота типичны трещины "усыхания", которые обычно возникают при раскристаллизации вязких коллоидных или высококонцентрированных полимерных растворов. Подобные агрегаты коллоидного золота были описаны А.М. Жирковым [6] из руд золото-серебряных близповерхностных месторождений. Признаками для отнесения этих выделений золота к коллоидным служили дисперсность и коричневатые или буровато-серые цвета, а также их приуроченность к полоскам коллоидного кварца. Так как золото-сурьмяные месторождения формировались в условиях малых глубин при резком снижении температуры

рудоносного флюида, то здесь имелись условия для отложения коллоидного вещества с обилием структурных разновидностей "горчичного" золота (рис. 2, в, г).

Таким образом, мы можем констатировать, что природа агрегатов "губчатого" золота различна. Оно может отлагаться как непосредственно из гидротермальных растворов, обрстая выделения раннего монокристаллического золота или аурустита, так и путем частичного их замещения. В этом случае оно представлено коллоидными образованиями оксидного, гидроксидного или антимонатного состава. Частично "губчатое" золото представляет собой продукт разложения аурустита, т.е. смесь высокопробного золота с окислами сурьмы или антимонитом. В любом случае оно образовалось позднее монокристаллического золота ранней генерации, которое тесно ассоциирует с кварцем. И это вполне закономерно, если учесть то обстоятельство, что золото-сурьмяное оруденение Восточной Якутии является двухстадийным [9] или даже полиформационным [2, 3, 8]. Это означает, что на ранние минеральные ассоциации минерализованных зон дробления, контролируемых долгоживущими глубинными разломами типа миогеосинклинальных швов, была наложена поздняя существенно сурьмяная минерализация. При этом под воздействием высококонцентрированных сульфидно-сурьмяных растворов возможным оказалось не только частичное разложение и реакционное замещение минералов ранней ассоциации, включающей золото и аурустит, но и новообразование своеобразных по составу и консистенции оксидных и гидроксидных соединений золота или золота с сурьмой. Это предположение удовлетворительно согласуется с экспериментальными и термодинамическими данными [5, 9]. Конечно, такое минералообразование может происходить лишь в локальных участках рудных тел, при экстремальных восстановительных или окислительных условиях [9]. Не случайно поэтому, что именно здесь оказалось возможным образование не только аурустита и "горчичного" золота, но и таких экзотических самородных элементов, как алюминий и хром [1].

На завершающем этапе минералообразования окислительно-восстановительная обстановка подвержена сильному изменению. Это связано прежде всего с тем, что формирование золото-сурьмяных месторождений осуществлялось в близповерхностных условиях. В частности, повышение f_{O_2} могло привести к частичному разложению аурустита, высвобождению из него золота и развитию его оксидов и гидроксидов, которые мы и наблюдаем в золото-сурьмяных рудах. Образование окисных соединений с Au высшей степени окисления возможно лишь при высоком окислительном потенциале рудообразующей среды. Так, по термодинамическим данным соединение $Au(OH)_2^-$, при участии которого возможно отложение оксидов и гидроксидов золота, устойчиво при 200 °С в близонейтральных и щелочных растворах только при Eh, равном $-0,2-0,8$ В [9]. Поэтому сохранность таких метастабильных образований Au(III) возможна лишь в условиях прочной их консервации. Изменение окислительно-восстановительных условий, а также повышение активности Sb и других компонентов могут привести к их быстрому разложению и, как следствие этого, к образованию агрегатов, которые принято именовать "горчичным" золотом.

Изложенный материал показывает, что структурный или цветовой признаки описанных разновидностей "горчичного" золота являются отражением их состава и способа образования. Поэтому собирательное наименование "горчичное" золото не отражает физической сущности этого явления. Первичная природа большинства агрегатов "горчичного" золота несомненно гипогенна. Очевидно, что в экспериментальных физико-химических условиях золото может не только отлагаться в самородном виде, но и активно вступать в реакцию с Sb и кислородом, образуя коллоидные оксидные и гидроксидные соединения. Губчатое "горчичное" золото, состоящее из смеси Au и оксидов Sb или Au и антимонита, представляет собой лишь частичную разновидность из всех охарактеризованных выше соединений. Мы полагаем, что дальнейшее изучение именно гипогенных оксидных и гидроксидных соединений Au(III) приведет к открытию новых минеральных форм золота.

Пользуясь случаем, авторы выражают глубокую благодарность Н.В. Петровской за критические замечания и советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова Г.С., Жданов Ю.Я., Амузинский В.А. и др. Самородные алюминий и хром в рудах золото-сурьмяного месторождения в Восточной Якутии // Докл. АН СССР. 1983. Т. 272, № 3. С. 657–660.
2. Гамянин Г.Н. Типы золоторудных месторождений Восточной Якутии // Вопросы рудоносности Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1974. С. 3–34.
3. Гамянин Г.Н. Характер взаимоотношения минеральных ассоциаций как критерий полиформационных месторождений // Минералы, горные породы и месторождения полезных ископаемых в геологической истории. Л.: Наука, 1982. С. 32–34.
4. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Горячева Е.М. и др. Самородные металлы, металлоиды и их соединения в золоторудных гидротермальных образованиях Восточной Якутии как отражение специфики условий их формирования // Самородные металлы в постмагматических образованиях: Тез. докл. на Всесоюз. конф. "Самородное элементообразование в эндогенных процессах". Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. Ч. 2. С. 3–7.
5. Григорьева Т.А., Сукнева Л.С. Влияние серы и сульфидов сурьмы и мышьяка на растворимость золота // Геохимия. 1981. № 10. С. 1534–1540.
6. Жирков А.М. Гипогенное коллоидное и метакolloидное золото // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. 1981. Ч. 110, вып. 3. С. 278–289.
7. Индолев Л.Н. Золото-антимонитовая рудная формация // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Колымской складчатой области. М.: Наука, 1975. С. 154–177.
8. Индолев Л.Н., Жданов Ю.Я., Суплецов В.М. Сурьмяное оруденение Верхояно-Колымской провинции. Новосибирск: Наука, 1980. С. 230.
9. Некрасов И.Я., Сорокин В.И., Конюшок А.А. Физико-химический анализ минеральных парагенезисов сурьмяных и золото-сурьмяных месторождений // Сов. геология. 1981. № 6. С. 113–122.
10. Паддефет Р. Химия золота. М.: Мир, 1982. С. 259.
11. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. С. 1132.

УДК 549

А.А. ГОДОВИКОВ, О.И. РИПИНЕН, М.Б. ЧИСТЯКОВА

АГАТЫ

(особенности их форм выделения, рисунка, минералогии, условий образования)

Агатами называют ритмично-зональные (зонально-концентрические и параллельно-слоистые) сростания различных минералов семейства кремнезема, среди которых преобладает халцедон, содержащие иногда зоны и включения других минералов (карбонатов, некоторых цеолитов и др.), а также прозрачные, полупрозрачные и окрашенные разновидности халцедона, содержащие моховидные, игольчатые или другие включения характерной формы, получившие по ним названия моховых, сагенитовых, дендритных и тому подобных агатов.

Агаты занимают особое место среди поделочных камней, выделяясь среди них своим разнообразием и неповторимостью цвета, рисунка. Поэтому не случайно такой знаток драгоценных и поделочных камней, как Л. Квик, писал: "В то время как сотня сапфиров среди сотни других имеет точно такой же вид, сотня агатов представляет собой сотню разновидностей форм выделения, окраски или того и другого одновременно. Нет даже двух одинаковых агатов, и это то несходство, которое делает агаты особенно желанными" [5].

Красота и прочность агата привлекали человека еще многие тысячелетия тому назад, и сейчас агаты являются украшениями коллекций многих музеев и любителей камня. Однако на причины разнообразия агатов, особенности их минерального состава, условий образования до сих пор внимания обращалось крайне недостаточно.

В Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана АН СССР работы по исследованию агата проводятся уже более 10 лет, что позволило определенным образом системати-