

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ СФЕРОИДЫ МИНЕРАЛОВ

Г.Н.Гамянин, Ю.Я.Жданов*, В.Г.Моисеенко*****Якутский институт геологических наук СО РАН, г.Якутск**** Амурский научно-исследовательский институт, г.Благовещенск*

В статье приводятся сведения о необычной сфероидальной форме минералов, обнаруженных в золоторудном гидротермальном рудопоявлении, и аналогичного типа сфероидах, полученных технологическим путем. Рассматриваются видовое разнообразие сфероидов, представленных самородными и интерметаллидными фазами, окисными и сульфидными соединениями, их поверхностное и внутреннее строение, состав минеральных фаз, слагающих природные и техногенные сфероиды. Даются некоторые признаки отличия природных и техногенных минеральных сфероидов.

Ключевые слова: сферонд, минерал, фаза, состав, структура, происхождение.

Сфероиды минералов чаще всего обнаруживаются в россыпях. Обычно им приписывается космическое или техногенное, преимущественно сварочное происхождение. Это относится и к сфероидам золота, найденным в россыпях золотого пояса Абитибиды [5]. Но имеются факты и другого рода. М.И.-Новгородова [3] приводит доказательства природного происхождения сфероидов ряда самородных элементов из магматических пород. Самородное железо в виде сфероидов описывается М.Л.Мельцером [1] для Неждановского золоторудного месторождения. Округлое выделение самородного золота найдено в золоторудном месторождении Токур В.Г.Моисеенко [2]. Его образование объясняется метаморфизмом золотых руд штоком диоритовых порфириров.

При обработке протолок из рудопоявления Келлям Интахского рудного узла, расположенного в бассейне р. Индигирки в 50 км к северо-востоку от п.Усть-Нера, в 15 из 50 проб обнаружены разнообразие по окраске сфероиды. В целом количество их невелико, в среднем 3-5% от объема тяжелой фракции, но в одной из них количество сфероидов составляло 20%. Размер сфероидов обычно меньше 0,1 мм, редко достигает 0,2 мм. Сфероиды разнообразны не только по окраске, но и по составу. Кроме сфероидов золота присутствуют сфероиды ильменита, магнетита, пирротина, пирита, галенита, буланжерита, антимонита и ряда других фаз, прежде всего - на основе свинца.

Интахский рудный узел расположен в зоне сочленения Иньяли-Дебинского синклинория и Нерского антиклинория, непосредственно на контакте триасовых и юрских отложений (рис. 1). Оно приурочено к центральной части Интахской синклинали в участке максимального поднятия ее шарнира.

Углы наклона крыльев складок 30-70°, в основном крутые, нередко осложненные складками более высокого порядка. Широко развиты малоамплитудные (2-10 м) дисгармоничные складки, особенно вблизи надвигового контакта юры и триаса. Осадочные породы интенсивно и многократно преобразованы процессами динамометаморфизма, контактового метаморфизма в хлорит-альбитовой фации и метасоматическими процессами. На юго-западе рудного узла имеются выходы небольшого штока гранитоидного состава с широким ореолом (до 2 км) зональных контактовых роговиков. Непосредственно рудное поле приурочено к надвиговому северо-западной ориентировки. На юге оно ограничивается Северо-Интахским разломом, входящим в зону Чай-Юрьинского глубинного разлома. В рудном поле развита преимущественно северо-западная система разрывных нарушений, которая является как рудоконтролирующей, так и рудовмещающей. В большинстве своем это сбросо-сдвиги с небольшой амплитудой смещения, преимущественно крутопадающие (60-90°), протяженностью до 7 км. В пределах рудного поля они сопровождаются зонами дробления, смятия и трещиноватости мощностью 0,2-10 м, иногда до 80 м. Кроме того, в рудном поле достаточно широко проявлены ранние северо-восточные и более поздние субширотные нарушения. Рудные тела, представленные минерализованными зонами дробления, прожилковыми зонами и простыми линзовидными жилами, являются, в основном, оперяющимися к главному рудоконтролирующему северо-западному (305-310°) разлому. Рудопоявление Келлям представлено четырьмя зонами дробления и прожилкования в верхней алевритово-песчанниковой толще някуньинской свиты. Рудные зоны характеризуются резкой изменчивостью мощности (до 8 м), морфологии, элементов

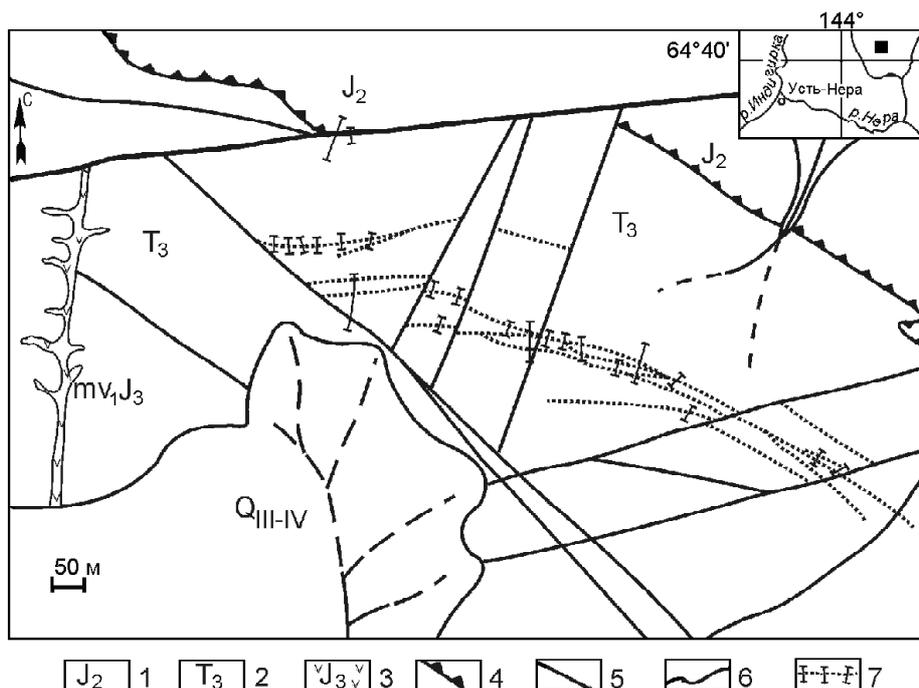


Рис. 1. Схематическая геологическая карта рудопроявления Келлям.

1 - осадочные породы средней юры; 2 - осадочные породы верхнего триаса; 3 - дайка габбро-диабазов (mv_1J_3) верхней юры; 4 - линия надвига; 5 - разрывные нарушения; 6 - границы отложений; 7 - рудные тела и поверхностные горные выработки.

залегания как по простиранию, так и по падению. Рудопроявление относится к арсенипиритовому типу малосульфидной золото-кварцевой формации. Помимо основного минерала рудных тел - кварца, в порядке распространенности присутствуют арсенипирит, пирит, галенит, сфалерит, блеклая руда, антимонит и самородное золото. Взаимоотношения минералов обычные для данной формации. Изредка наблюдаются пересечения продуктивного молочно-белого кварца прожилками шестоватого или гребчатого прозрачного кварца.

Из общего числа сфероидов преобладают (60%) черные с гладкой блестящей, реже матовой поверхностью, сосредоточенные в магнитной фракции. Среди них основную часть составляют сфероиды магнетита, как мономинеральные, так и в сростании с ильменитом, где эти минералы формируют решетчатые структуры распада. Магнетит образует удлиненные тонкозернистые структуры, имеющие общую ориентировку либо в пределах сфероиды, либо в пределах определенных его сегментов. Иногда внутренняя структура магнетитовых сфероидов представлена разноориентированными волнообразными полосами, в которых широкие полосы магнетита разделены очень тонкими (< 0,005 мм) темно-серыми полосами. В магнетитовых сфероидах изредка встречаются округлые включения золота (рис. 2). Ряд магнитных шариков представлен пирротинном, с некоторым преобладанием в его составе железа (табл. 1, ан.1). При увеличении больше 2000 раз в пирротине выявляется темно-серая, пока не диагностированная фаза в виде неравномерно рассеянных

округлых включений. Еще реже встречаются сложные сфероиды с дендритовидно-полосчатой структурой и мелкими сфероидами самородного железа.

Вторую основную часть (25-30%) сфероидов составляют сфероиды золота, представленные идеальными шарами, реже овальными или каплевидными формами. Встречаются наросты сфер и полусфер на комковатые рудные золотины (рис. 3). Поверхность сфероидов преимущественно гладкая, практически зеркальная, золотистого или розоватого цвета. Сфероиды с тусклой поверхностью и с небольшими округлыми выступами встречаются очень редко. Около 10% сфероидов находятся в сростании с другими минеральными образованиями. Наиболее часто это неполные сфероиды бурого или темно-серого цвета, которые нарастают и как бы обволакивают сфероиды золота. В ряде случаев отмечались нарастания бесцветных, серых или белых неполных сфероидов.

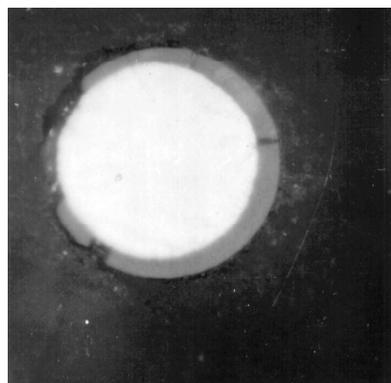


Рис. 2. Округлые включения золота в сфероиде магнетита, ув.400.

Таблица 1. Состав (мас.%) минеральных фаз сфероидов по данным микронзондового анализа.

№№ п/п	Наименование фаз	n	Au	Ag	As	Sb	Pb	Fe	S	Сумма
1	Пирротин	2	-	-	0,7	0,2	-	63,6	34,8	99,3
2	Самородный мышьяк	4	2,1	-	96,1	1,3	0,4	-	-	99,9
3	Интерметаллид Au ₇ Sb ₃	3	74,9	4,0	1,3	19,6	1,8	-	-	101,6
4	Интерметаллид Au ₅ Sb ₄	3	62,8	1,1	3,3	31,1	0,9	-	-	99,2
5	Пирит	5	0,2	-	-	0,2	-	46,7	48,8	95,9
6	Галенит	6	0,7	1,0	0,5	0,2	83,3	-	13,4	99,1
7	Буланжерит	4	0,3	-	1,4	24,1	56,9	-	17,6	100,3
8	Антимонит	3	0,2	-	0,5	69,6	-	0,3	27,9	98,5
9	Интерметаллид Au ₂ SbPb ₂	5	42,3	0,6	1,1	11,3	45,3	-	-	100,6
10	Интерметаллид Au ₃ As ₂ Sb ₂	3	59,2	-	14,9	25,1	0,9	-	-	100,1
11	Окисные свинца	3	-	-	2,9	0,2	79,4	2,0	0,5	85,0
12	Окисные свинца	4	-	-	0,9	0,2	68,7	0,4	4,6	74,8

идов на основе кремния, калия и магния. В сростании со сфероидами золота наблюдался и кварц. В этих случаях он был представлен бесформенными кавернозными зернами. Именно в таких пустотках и располагались сфероиды золота (рис. 4), из которых их можно извлечь, не нарушая целостности обоих минералов.

Как правило, сфероиды золота с гладкой блестящей поверхностью в срезе представляют собой идеальный круг или близкую к нему форму (рис. 5). Включения в таких сфероидах очень редки. К их числу относятся прежде всего включения кварца со сглаженными краями. В ряде случаев в них наблюдался арсенопирит, замещающийся пирротинном, что весьма характерно для арсенопирита рудных тел. В еди-

ничных случаях на срезах сфероидов золота фиксировались идеально круглые полости. Содержание серебра в сфероидах варьирует в весьма широких пределах от 4 до 36%, что практически совпадает с интервалом содержаний серебра в бесформенных золотинах руд (рис. 6). Как бесформенное, так и сфероидальное золото в пределах отдельных зерен имеет устойчивый состав.

В сфероидах с неровной, матовой и шагреневой поверхностью, а это, как правило, наиболее крупные сфероиды, обнаруживается неоднородность, связанная с присутствием среди основной золотой матрицы других минералов или золотосодержащих фаз. Наиболее часто наблюдается межзерновое обособление самородного мышьяка (рис.7) и зо-

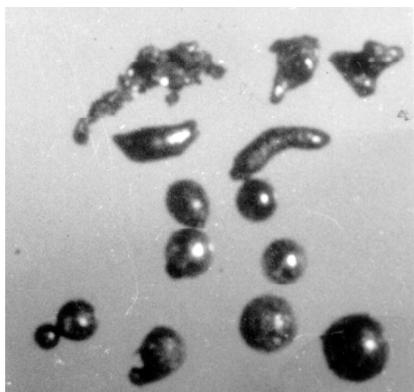


Рис. 3. Золото сфероидальной (три нижних ряда), округло-удлиненных форм, нарастание сфероидов и полусфер золота на комковатое рудное золото, ув.100.

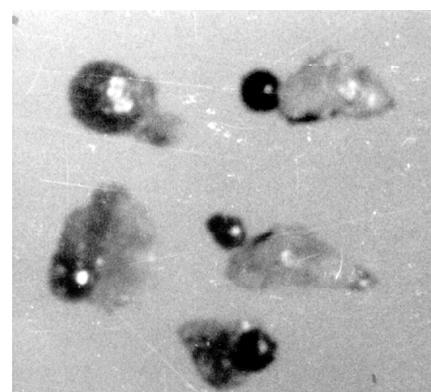


Рис. 4. Сростание сфероидального золота с кварцем. Ув.100.

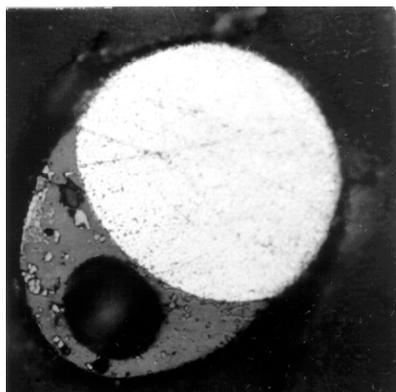


Рис. 5. Срез сфероида золота с полусферой окислов железа, содержащей газовую камеру. Ув.200.

лото-сурьмяного интерметаллида среди зерен золота, причем контуры этих зерен явно овальные вплоть до круглых. Таким образом, выявляется сообщество мелких сфероидов золота в более крупном. В составе самородного мышьяка (табл.1, ан.2) постоянно присутствует существенная примесь золота (до 4%) и сурьмы (до 3%). Достаточно крупные выделения самородного мышьяка не позволяют говорить о механическом характере присутствия в нем золота. Золото-сурьмяная фаза (табл.1,ан.3) содержит примеси мышьяка и свинца. В целом соотношения золота и

сурьмы различны, что, видимо, связано с влиянием золотой матрицы, но значительная часть анализов свидетельствует о наличии фазы состава Au_7Sb_3 . В других сфероидах, помимо отмеченной золото-сурьмяной фазы, встречена золото-сурьмяная фаза состава Au_5Sb_4 (табл.1, ан.4), но также с примесью мышьяка и свинца, хотя минералы, содержащие эти элементы, в этих случаях отсутствуют.

Для выявления внутреннего строения золотин рудного золота и сфероидов было проведено его травление царской водкой с окисью хрома. В бесформенных рудных золотилах при этом всегда выявлялась зернистая структура (рис. 8), иногда с полисинтетическими двойниками. Сфероиды золота по своей структуре более разнообразны. Встречаются сфероиды, строение которых по зернистости весьма схоже с бесформенным, но они при этом всегда имеют различной ширины кайму иного строения - либо более мелкозернистую, либо шестовато ориентированную. В ряде сфероидов отмечалось сочетание разнотернистых структур (рис. 9) или своеобразные разнориентированно-полигональные структуры. Травлением бесформенных рудных золотин выявлен принцип преобразования их в сфероиды (рис. 10). По границам зерен происходит своего рода растворение, золотила приобретает пористость, а микроструктура

Встречаемость, %

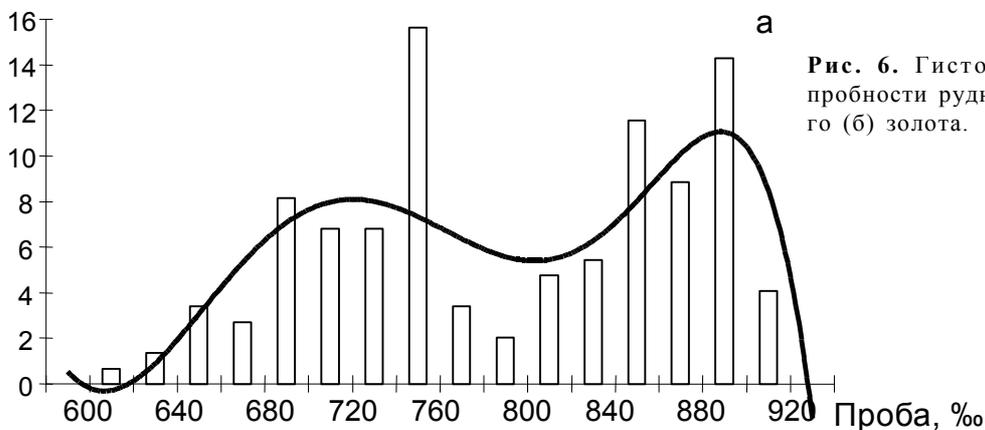
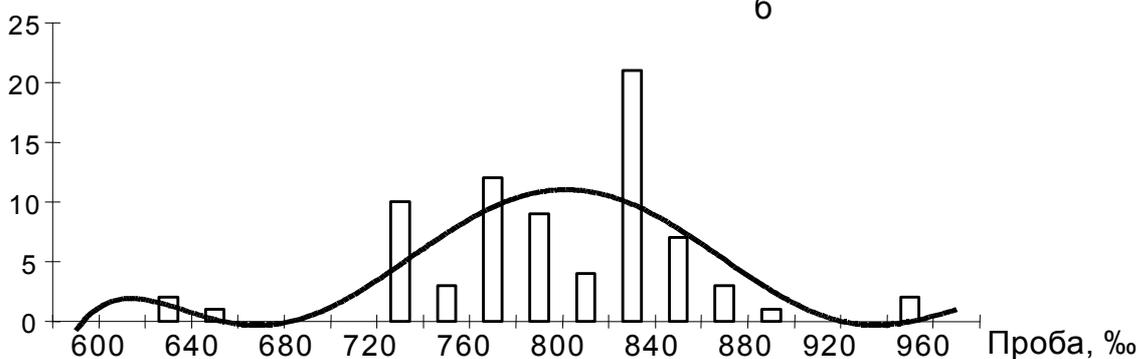


Рис. 6. Гистограмма распределения пробы рудного (а) и сфероидального (б) золота.

Встречаемость, %



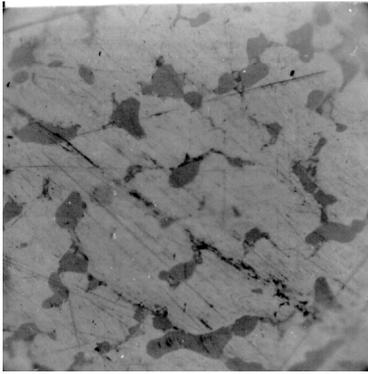


Рис. 7. Сфероид золота с самородным мышьяком в интерстициях между овальными микрозернами сфероида золота. Ув.400.

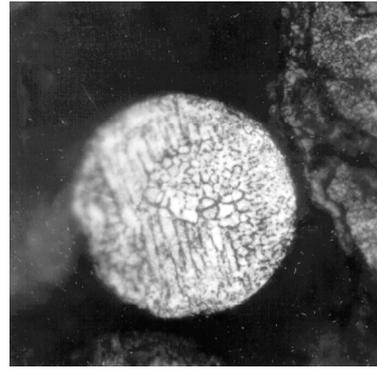


Рис. 9. Разнозернистая структура сфероида золота. Травление. Ув.600.

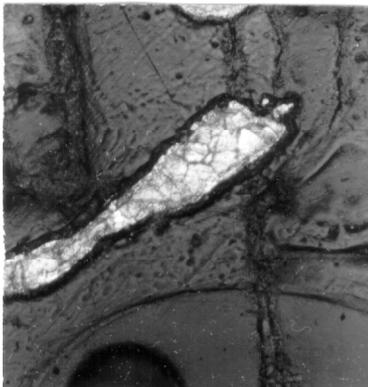


Рис. 8. Зернистая структура рудной золотины. Травление смесью царской водки с хромовым ангидридом. Ув.200.

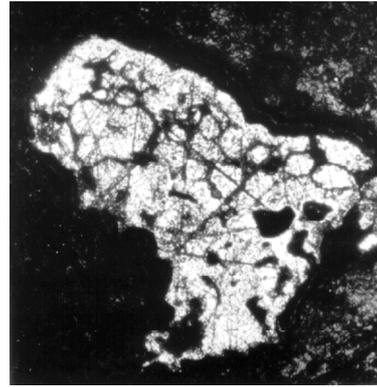


Рис. 10. Преобразование первичной золотины в сфероиды - появление пористости и овалности в первичной золотине, выявленное травлением. Ув.200.

- форму сфероидов. В дальнейшем подобная золотина, видимо, распадается на отдельные сфероиды. Эти данные говорят как о полном, так и о частичном преобразовании бесформенных рудных золотин и объясняют существование срастаний сфероидов с комковатым золотом (см. рис. 3)

Наряду с ярко выраженными золотистыми сфероидными, иногда обнаруживаются сфероиды более бледных желтоватых тонов как с блестящей, так и с матовой поверхностью. Эти сфероиды представлены пиритом. В полированном состоянии они имеют однородную поверхность, однако при их анализе имеется постоянный дефицит суммы в 3-4% (табл., ан. 5), что, как выяснилось при травлении и съёмке в обратнорассеянных электронах, связано с их пористостью. При травлении выявляются сфероиды двух типов. Одни из них имеют своеобразное, похожее на фрамбоидальное строение, хотя на общем низкорельефном фоне вырисовываются более рельефные микрокристаллики, как округлые, так и четко огранные. Другие сфероиды имеют явный зональный характер, выраженный различающимися по рельефу зонами. При этом иногда во внешних зонах наблюдаются включения фрамбоидального пирита (рис. 11).

В немагнитной фракции проб присутствует также группа сфероидов буроватого или темно-серого цвета с явно матовой, а иногда и шагренево-поверхностью. Как выяснилось при исследовании, эта группа сфероидов представлена галенитом, буланже-

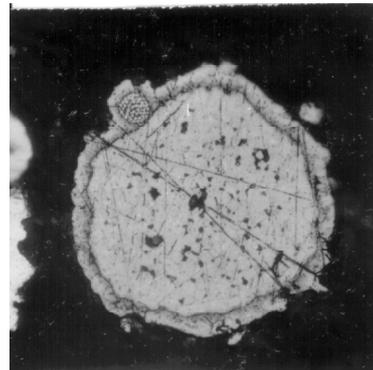


Рис.11. Зональный сфероид пирита. Во внешней зоне - округлое включение фрамбоидального пирита. Ув.400, травление конц. HNO_3 .

ритом, редко - антимонитом (табл. 1, ан. 5, 6, 7), чаще - гематитом и, по-видимому, гидроокислами железа. Сфероиды галенита и буланжерита редко бывают мономинеральны, обычно они находятся в тесных срастаниях друг с другом, в том числе отмечаются и необычные срастания галенита с антимонитом. В этих случаях один из минералов выступает в роли зернистой матрицы, а второй образует в нем дендритовидные структуры типа ледяных узоров. Не встречается сфероидов с одинаковой внутренней структурой - в одних дендритоиды тонкие и короткие, в других - тонкие, но прослеживающиеся практически через весь сфероид, в третьих - дендритоиды имеют достаточно широкую стволую ветвь. Точно так же различно и количественное содержание минерала-матрицы - от незначительной до 30-40% площади наблюдаемого среза. Строение мономинераль-

ных сфероидов округло-зернистое, иногда с мельчайшими округлыми включениями Pb-Sb интерметаллидов. В срезах сфероидов галенита и буланжерита встречаются сфероиды золота самого различного размера – от субмикроскопических до 0,05 мм. Обычно наряду с одним крупным сфероидом присутствуют несколько на два-три порядка более мелких (рис. 12). Но на всех сфероидах всегда отмечалась очень тонкая, но отчетливая кайма минерала-хозяина (рис. 13). От этой каймы и начинается радиальный рост дендритоидов. Другая особенность сфероидов золота в галените и буланжерите – их неомогенность. Кроме фазы золота с различными, но меньшими, чем в монолитных сфероидах, вариациями серебра (до 15%), присутствуют разнообразные фазы Au-As-Sb-Pb состава. Наиболее стабильной по составу является Au-Sb-Pb фаза, отвечающая формуле Au_2SbPb_2 с некоторой примесью мышьяка (табл. 1, ан. 9). Она образует среди зерен золота в сфероиде как достаточно крупные выделения (рис. 13), имеющие характерный коричневато-оливковый оттенок, иногда напоминающий горчичное золото золотосурьмяных месторождений, так и очень тонкие сращения с золотом типа эвтектоидных структур распада (рис. 14). В ряде случаев обнаруживаемые по результатам анализа фазы оптически не отличались от золота. По составу это Au-As-Sb фазы с различным соотношением компонентов, но чаще отвечающие формуле $Au_3As_2Sb_2$ (табл. 1, ан. 10). Данные анализов свидетельствуют о том, что золотосодержащие фазы в галените всегда высокосвинцовисты, а в буланжерите еще и высокосурьмянисты. К этому следует добавить, что сфероиды галенита и буланжерита в любой своей точке содержат примесь золота в пределах до 2-3% при отсутствии микроскопически видимых включений его. Сфероиды же этих минералов без включений золота примеси последнего не содержат. Сфероиды смешанного состава, в отличие от мономинеральных, чаще содержат газовые пустотки. Помимо включений сфероидов золота и разнообразных фаз интерметаллидов, в сфероидах галенита и буланжерита нередко реликты минералов руд. В них обнаружены зерна арсенопирита, пирита, кварца и неправильные рудные золотины.

Сфероиды гематита и гидрогетита (содержание железа в последних составляет от 30 до 56%) образуют как мономинеральные сфероиды, особенно гематитового состава, так и сфероиды зонального строения с последовательным отложением от центра сфероидов зон с меньшим отражением. В отличие от сульфидных сфероидов, окисно-гидроокисные сфероиды нередко нарастают на золотые, реже – сульфидные сфероиды в виде полусфер или еще более мелких сфероидальных частей. Обе группы буроватых и темно-серых сфероидов часто содержат округ-

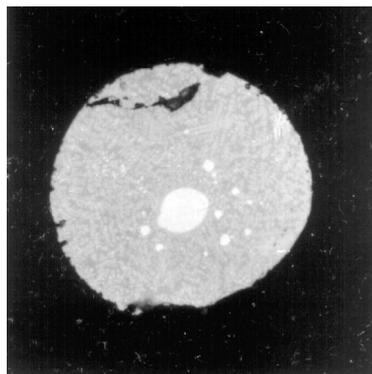


Рис. 12. Включения различного овалного золота в сфероиде буланжерита с дендритовидной структурой (структурой ледяных узоров). Ув.400.

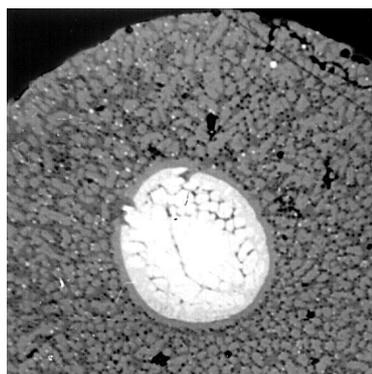


Рис. 13. Округлое включение сращения самородного золота с сурьмянистым $AuPb_2$ интерметаллидом в сфероиде галенита. Отчетливо видна непрерывная оболочка галенита на золото-интерметаллидном сращении. Ув.400.

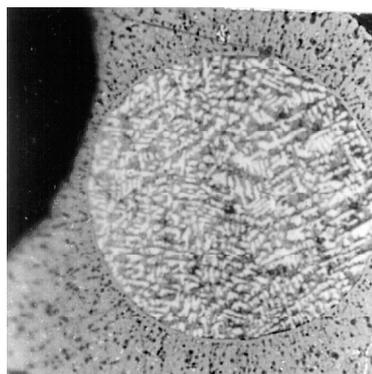


Рис. 14. Округлое выделение золота с эвтектоидной структурой распада с $AuPb$ интерметаллидом и с каемкой галенита в галенитовом сфероиде. Ув.800.

лые полости, стенки которых имеют сталактитовидные наросты, наблюдаемые при увеличениях более 2000 раз.

Наконец, встречается группа прозрачных сфероидов желтого или оранжевого оттенка. Все они имеют гладкую блестящую поверхность. По данным микронного анализа, оранжевые сфероиды, помимо преобладающего в их составе свинца, содержат некоторое количество серы, видимо сульфатной, и мышьяка (табл. 1, ан. 11). Желтые сфероиды также в основном свинцовистые, но содержат в качестве главной примеси мышьяк (табл. 1, ан. 12). Можно предположить, что это соединения типа ланаркита и шультенита, однако подтвердить это рентгеноструктурным методом не удастся, так как отражений на рентгенограмме они не дают. Эти сфероиды почти всегда мономинеральны и лишь в единичных случа-

ях содержат включения микросфероидов золота в своих краевых частях.

Таким образом, имеющиеся данные по морфологии, строению и составу сфероидов золота, интерметаллидов, магнетита, буланжерита, галенита, пирита, гидроокислов железа, окисных соединений свинца, последовательности их образования от самородных элементов и интерметаллидов к сульфидным, а затем и окисным соединениям, обилие в них газовых включений и реликтов минералов руд не дают основания считать их природу техногенной. Следовательно, нет оснований соглашаться с мнением Р.Делябио [5] о техногенной природе сфероидов золота. Нет данных и для объяснения происхождения описанных выше сфероидов хемогенным способом. По нашему мнению, более обоснованно можно говорить о газовом механизме образования сфероидов, который достаточно полно разобран в [4] на примере образования сфероидов цинка в магматических породах. В рассматриваемом нами случае имеет место, по сути дела, преобразование золотых руд проявления Келлям в процессе газового (типа фумарол) метаморфизма. Это своего рода природный гидротермально-металлургический процесс, при котором возможно капельно-жидкое состояние вещества или высокое давление газовой флюидной фазы и кристаллизация в результате этого сфероидальных форм минералов. Источником такого флюидопотока могли являться глубинные части магматического очага, функционирующего в условиях интенсивных тектонических напряжений, на наличие которого указывают выходы гранитоидов в пределах рудного узла. В тоже время, мы не считаем данный процесс единственным способом образования сфероидов. Тем не менее, находки сфероидов различных минералов в гипогенных рудах позволяют по-иному трактовать присутствие сфероидов минералов в россыпях. Целенаправленный поиск подобных форм минералов, особенно в очень мелких классах тяжелых фракций, и их изучение даст многочисленные факты для признания сфероидального гидротермального образования как естественной составной части эндогенного минералообразования в целом.

Искусственные сфероиды были получены при гидротермальных процессах переработки отходов золотодобывающей промышленности. Образующиеся при этом сфероиды имели различную размерность и вес. Изучены три сфероида. Первый сфероид, весом 75,4 мг и размером чуть больше 2×2 мм, имел яйцевидную форму. Цвет его темно-серый, поверхность шагреневая с многочисленными мелкими золотинками на ней, в том числе и сфероидальной формы. В срезе наиболее крупный сфероид представлен сростанием по крайней мере трех минеральных фаз: золота, гексагональных срезов кристаллов белого

рельефного минерала и серого галенитоподобного минерала, цементирующего первые два. Золото наблюдается в трех формах выделений: 1 – крупные бесформенные зерна, являющиеся или реликтами первичных золотин, или затравочными образованиями, на которых затем развивается золото ихтиоглиптового типа, переходящее в скелетно-дендритоидное; 2 – дендритоидное золото, представленное как округло-изогнутыми формами типа арабской вязи около бесформенных золотин первого типа, так и удлинено-скелетными дендритоидами. Часто они не имеют общего стержня, а цепочки копьевидных, клиновидных, квадратных или удлинённых зерен располагаются вдоль общего направления. При наличии общего стержня дендритоиды имеют древовидные ответвления; 3 – округлые выделения с неровными плавно-извилистыми контурами или выделениями типа многогранных кристаллов со сглаженными вершинами. Выделения золота – наиболее ранние по отношению к другим фазам и независимы от них в своем расположении. Состав всех морфологических разновидностей золота приведен в таблице 2, ан. 1-4. Как видно из приведенных данных, золото первого типа характеризуется высокой пробой в центральных частях выделений, некоторой примесью меди и ртути при отсутствии примеси свинца. Эта же разновидность в краевых частях зерен по содержанию примесей серебра, меди и свинца сходна с остальными разновидностями, несколько отличаясь содержаниями ртути, которой не зафиксировано в дендритоидах золота.

Кристаллы белой фазы располагаются в пределах сфероида беспорядочно и имеют преимущественно гексагональный срез, в котором две противоположные стороны несколько больше остальных. Кристаллы отчасти скелетны (пористы). Интерстиции между дендритоидами золота и кристаллами белой фазы заполнены серовато-белой галенитоподобной фазой. Около границ с другими фазами цвет ее заметно темнее. Положение пустоток и очень тонких (<0,005 мм) светлых полосок в ней свидетельствует о ее вероятно слоистом строении. Все эти фазы по составу отвечают интерметаллидам золота и свинца с разным соотношением компонентов (табл. 2, ан. 5-7). Кристаллы светлой фазы соответствуют интерметаллидам с преобладанием золота и соотношением золота и свинца около 2:1, тогда как в галенитоподобной фазе преобладает свинец и отношение Au : Pb = 1:3. Тонкие светлые полосы в темной фазе отвечают AuPb₂.

Форма второго сфероида, размером 2×2 мм и весом 38,1 мг, шарообразная. Поверхность его золотистого цвета со сглаженными комковатыми наростами, а местами и округлыми образованиями. В срезе он состоит из отдельных разобращенных изви-

Таблица 2. Состав (мас.%) техногенных сфероидов по данным микрозондового анализа.

№ п/п	Минерал, фаза	Форма зерна	КОМПОНЕНТЫ						
			n	Au	Ag	Cu	Pb	Hg	сумма
ПЕРВЫЙ СФЕРОИД									
1	Золото	бесформенное	4	93,73	5,06	0,49	-	0,53	99,81
2	Золото	бесформенное	4	82,66	14,08	1,47	0,18	0,46	98,54
3	Золото	округлое	3	84,34	13,01	1,5	0,35	0,21	99,38
4	Золото	дендрит	2	85,07	12,14	1,22	0,99	-	99,42
5	Светлая фаза	6-гранные зерна	7	61,21	1,24	0,11	36,92	0,12	99,6
6	Темная фаза	межзерновое	4	25,61	-	-	73,57	0,35	99,53
7	Светло-серая фаза	полоса в темной фазе	1	33,23	0,3	-	66,15	-	99,68
ВТОРОЙ СФЕРОИД									
8	Золото	бесформенное	4	82,58	16,25	0,27	0,22	0,21	99,53
9	Золото	округлое	3	86,07	13,29	0,25	-	0,25	99,81
10	Светлая фаза	венчиковая кайма	6	62,86	0,68	-	35,61	-	99,15
11	Темная фаза	межзерновое выделение	2	30,81	0,16	-	69,95	0,28	101,2
12	Фиолетовая фаза	межзерновое выделение	3	50,67	0,3	-	24,86	0,25	76,08

листо-округлых или овальных сростков иногда неоднородных по цвету микрозолотин. Чаще всего в таких случаях центральная часть золотин более бледная, но в двух зернах картина обратная — центр более темно-розовый. Судя по овально-извилистому очертанию микрозолотинок, они, возможно, состоят из еще более мелких овальных зерен. По составу золото второго сфероида схоже с золотом первого сфероид (табл. 2, ан. 8-10) с той разницей, что здесь в более поздних образованиях — краевых частях и овальных выделениях — несколько выше содержание серебра по сравнению с внутренними частями зерен и во всех типах золотин меньше содержание элементов-примесей.

На эти скопления золота нарастают венчики округлых или овальных зерен белой фазы, что напоминает при средних увеличениях лепестки цветка вокруг золотой сердцевинки. При малых увеличениях ($\times 100$) положение зерен этой фазы напоминает дендритовидно-скелетные образования, затравочными центрами которых являются золотины. Состав этой фазы близок к формуле Au_2Pb (табл., ан. 11). Между зернами золота и белой фазы располагается фаза сероватого оттенка, выступающая в качестве цементирующей массы. По составу она близка к фазе $Au Pb_2$ (табл. 2, ан. 12). Среди нее иногда наблюдались фе-

стончатые, нередко с трещинами “усыхания” выделения фиолетово-розоватой фазы, схожей с горчичным кислородсодержащим золотом из золото-сурьмяных месторождений. Действительно, в ее составе постоянно отмечается дефицит суммы, что может быть связано с присутствием кислорода, гидроксил-иона или группы CO_3^{2-} .

Третий сфероид (вес 10 мг, размер 1×1 мм) буроватых тонов имеет ясно выраженную шагреньевую поверхность. Магнитен, явно притягивается к стальной игле и представлен самородным железом с поверхностной коркой окисления. На его срезе видны включения мельчайших округлых зерен серого оттенка с явными структурами распада. Аналогичные сфероиды самородного железа отмечалось нами в аксессуарных пробах из гранитоидов, а в единичных случаях и в протолочках из золото-редкометалльных жил среди гранитоидов, но всегда при этом подобные шарики имели черную зеркальную поверхность.

Приведенные данные по природным и техногенным сфероидам свидетельствуют о том, что, несмотря на общую сфероидную форму, между ними имеются существенные отличия. Это касается прежде всего размерности сфероидов, которая у техногенных практически на порядок больше. Состав природных сфероидов намного сложнее и нестабильнее.

И, наконец, вариации внутренних структур природных сфероидов весьма изменчивы даже для одинаковых минеральных фаз. Эти данные дают возможность для выработки в будущем критериев отличия природных и техногенных сфероидов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 00-05-64709.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельцер М.Л., Константинов С.С. Самородное железо в золотоносных жилах Аллах-Юньского района и неко-

торые вопросы их генезиса // Новые данные по геологии Якутии. Якутск, 1975. С.74-78.

2. Моисеенко В.Г. Метаморфизм золота месторождений Приамурья. Хабаровск, 1965. 125 с.

3. Новгородова М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1985. 286 с.

4. Новгородова М.И., Боярская Р.В., Юсупов Р.Г. Рост и коррозия самородного цинка в газовой среде // Зап. Всесоюз. Минер. о-ва. 1986. Ч.115, вып. 1. С.16-25.

5. Dilabio R.N.W., Newsame J.W., McJvor D.F., Lowenstein P.L. The spherical form of Gold: Man-made or Secondary?// Econom. Geol. 1988. V.83. P.153-162.

Поступила в редакцию 27 ноября 1999 г.

Рекомендована к печати Ю.И.Бакулиным

G.N.Gamyarin, Yu.Ya.Zhdanov, V.G.Moiseenko

Natural and man-made mineral spheroids

The paper presents data on an unusual spheroidal form of minerals established in gold ore hydrothermal mineral occurrence and similar man-made spheroids. The paper also considers species diversification of the spheroids, which are represented by free and intermetallic phases, oxide and sulphide formations together with their surface and inner structure, mineral phase composition constituting natural and man-made spheroids. Some typical differences between natural and man-made mineral spheroids are given.