

УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ И ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА В РУДАХ ДЕГДЕКАНСКОГО (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ) МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ

И.С. Литвиненко

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,
685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия*

Исследованы типоморфные свойства самородного золота в рудных телах с прожилково-вкрапленным кварцево-сульфидным оруденением Дегдеканского месторождения, сосредоточенного в пермских черносланцевых толщах Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Чукотской складчатой области. Путем последовательного растворения проб в плавиковой и азотной кислотах выявлено наличие значительной доли самородного золота в тесном сростании с сульфидами (в среднем 42.1 %) и углистым веществом. Установлено преобладание в его гранулометрическом составе весьма мелких и тонких выделений (на фракции менее 0.25 мм в среднем приходится 90.2 %), отлагавшихся преимущественно в интерстициальных полостях. Выделены низкосреднепробная (751—840 ‰, основная) и высокопробная (885—931 ‰) генерации золота. Выявлена зональность развития оруденения, выражающаяся в проявлении на верхних наиболее обогащенных горизонтах двух генераций золота, более крупном гранулометрическом составе его выделений, локализованных как в сульфидных, так и силикатных минералах, и возрастании с глубиной на фоне общего спада уровня концентраций металла роли «сульфидного» золота, уменьшении его крупности и пробы при преобладании образований одной (низкосреднепробной) генерации.

Месторождение, руда, золото, Северо-Восток России.

THE CONDITIONS OF EXISTENCE AND TYPOMORPHISM OF NATIVE GOLD IN ORES OF THE DEGDEKANSKOE DEPOSIT (northeastern Russia) IN BLACK-SHALE STRATA

I.S. Litvinenko

We studied the typomorphic features of native gold in orebodies with veinlet-disseminated quartz-sulfide mineralization at the Degdekanskoe deposit localized in Permian black-shale strata of the Ayan-Yuryakh anticlinorium in the upper-Yana-Chukchi folded area. With a successive HF and HNO₃ dissolution of samples, the abundance of native gold intimately intergrown with sulfides (on the average, 42.1%) and carbonaceous substance was revealed. It is shown that most of its grains are small and fine segregations (the <0.25 mm fraction amounts to on the average 90.2%), which accumulated mainly in interstices. Two gold generations have been revealed: low-medium-grade (751—840 ‰) (main) and high-grade (885—931 ‰). The zonal structure of mineralization has been established. The upper, most enriched horizons bear coarser-grained gold of both generations, which are localized in both sulfide and silicate minerals. With depth, the total content of gold decreases, the share of sulfide gold increases, and the grain size and grade also diminish, with the low-medium-grade generation prevailing.

Deposit, ore, gold, northeastern Russia

ВВЕДЕНИЕ

Программа выявления крупнообъемных золоторудных месторождений с жильно-прожилковым и прожилково-вкрапленным кварцево-сульфидным оруденением в черносланцевых углеродисто-терригенных породах на Северо-Востоке России начинает реализовываться и приобретает все более важное практическое значение. Дегдеканское месторождение, локализованное в пермских черносланцевых толщах Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Чукотской складчатой области, является первым из таких разведываемых объектов.

Одной из проблем, определившихся в ходе поисково-оценочных работ на Дегдеканском рудном поле, является достоверность оценки содержания золота в таком типе руд при применении стандартной методики подготовки проб и проведения пробирного анализа. Выполненный в ходе ее решения комплекс работ по растворению в кислотах проб из руд участка Верный Дегдеканского месторождения [Литвиненко, Цымбалюк, 2005] позволил выявить условия нахождения в них самородного золота, получить детальную характеристику его типоморфных свойств.

На участке Верный установлена серия мощных (до 120—160 м) протяженных (до 1 км) рудных тел, представляющих собой претерпевшие окварцевание и сульфидизацию зоны смятия, рассланцевания

и дробления в переслаивающихся глинистых алевролитах и алевритистых аргиллитах с линзами мелкозернистых песчаников. Продуктивная рудная минерализация в них представлена пиритом, арсениопиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и самородным золотом.

По пяти скважинам из материала керна, издробленного до 1.0 мм, отобрано 49 проб массой от 40 до 100 г (в основном 50—60 г) каждая*. Они были последовательно обработаны плавиковой (удалялась силикатная матрица) и азотной (растворялись сульфиды) кислотами. После каждой стадии растворения из полученного остатка под бинакуляром отбирались высвобожденные зерна самородного золота с детальным описанием их морфометрических свойств (из шести проб перед обработкой их плавиковой кислотой предварительно были выделены знаки золота, высвободившиеся уже в стадию дробления). Всего извлечена 5261 золотины, общая масса которых составила 14.622 мг.

Так как растворение сульфидов проводилось в течение достаточно ограниченного интервала времени в 60-процентной HNO₃ при комнатной температуре, а содержания серебра в высвободившихся из них золотины не превышают 25 мас.%, то корродирующее воздействие кислоты на эти золотины было несущественным (на зерна с содержанием золота более 64 мас.% слегка действует только кипящая высококонцентрированная (более 86 %) HNO₃ [Малышев, Румянцев, 1979]). Это подтверждается отсутствием у высвобожденных из сульфидов золотины следов растворения, сходством их типоморфных свойств со свойствами зерен в сростках с сульфидными минералами, выделенных из рудного материала после стадии дробления.

Изучение основного состава (пробы) выделений самородного золота выполнено на 148 зернах в монтированных аншлифах в СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан) на микронзонде Camebax и во ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) на микронзондовом анализаторе CAM Scan MV-2300 (577 анализов), определение содержания элементов-примесей — во ВСЕГЕИ на микронзондовом анализаторе CAM Scan MV-2300 (71 анализ).

УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА В РУДАХ

Выполненные исследования показали, что в данном типе руд образование самородного золота происходило как в силикатных минералах, так и в сульфидах. В обогащенных участках и горизонтах при-

Таблица 1. Гранулометрический состав самородного золота в рудах участка Верный Дегдеканского месторождения (мас.%)

№ скважины	Количество проб	Нахождение	Частота встречаемости, %	Доля в общем балансе, %	Фракция золота, мм					Средний диаметр, мм
					-0.025	0.025—0.05	0.05—0.1	0.1—0.25	0.25-0.5	
1	1	В силикатах	100.0	89.9	4.4	16.5	18.4	37.5	23.2	0.143
		В сульфидах	100.0	10.1	6.2	26.4	48.2	19.3	—	0.068
		В целом	100.0	100.0	4.5	17.5	21.4	35.6	20.9	0.127
3	1	В силикатах	100.0	62.3	2.0	8.3	31.0	58.7	—	0.122
		В сульфидах	100.0	37.7	6.0	28.4	19.4	46.1	—	0.090
		В целом	100.0	100.0	3.5	15.9	26.6	53.9	—	0.111
5	1	В силикатах	100.0	29.8	3.2	14.4	27.8	38.7	16.0	0.118
		В сульфидах	100.0	70.2	1.5	8.5	27.2	39.8	23.1	0.149
		В целом	100.0	100.0	2.0	10.2	27.4	39.5	21.0	0.140
6	39	В силикатах	82.1	52.2	0.4	14.0	31.8	49.9	3.9	0.111
		В сульфидах	89.7	47.8	2.6	23.2	51.9	22.2	—	0.073
		В целом	97.5	100.0	1.0	17.1	38.3	41.1	2.6	0.092
	5 (сводные пробы)	В силикатах	80.0	52.3	0.8	6.0	25.2	57.6	10.3	0.147
		В сульфидах	100.0	47.7	2.9	19.2	49.7	13.7	14.4	0.078
		В целом	100.0	100.0	1.4	12.2	32.9	39.0	14.4	0.113
9	1	В силикатах	100.0	61.2	2.3	8.6	33.0	56.0	—	0.116
		В сульфидах	100.0	38.8	2.4	16.6	31.0	49.9	—	0.100
		В целом	100.0	100.0	2.4	11.7	32.2	53.6	—	0.110
Среднее		В силикатах	83.3	57.9	2.2	11.3	27.9	49.7	8.9	0.126
		В сульфидах	91.7	42.1	3.6	20.4	37.9	31.8	6.3	0.084
		В целом	98.0	100.0	2.5	14.1	29.8	43.8	9.8	0.112

Примечание. По скв. 6 исследовано 40 рядовых проб (из них 39 содержали золото), отобранных по керну с интервалом 5 м, и 5 сводных проб. Прочерк — золото данной фракции не выявлено.

* Пробы предоставлены ООО «Станнолит».

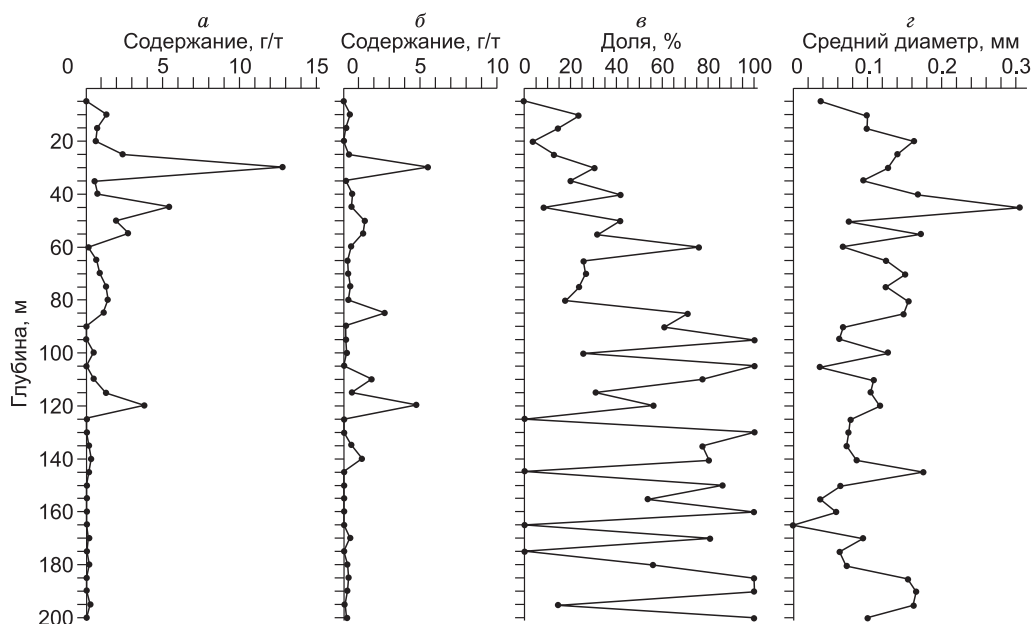


Рис. 1. Изменение по скв. 6 содержания (на всю массу породы) самородного золота, сосредоточенного в силикатных минералах (а) и в сульфидах (б), доли «сульфидного» золота в общем балансе металла (в), среднего диаметра золотинок (г).

существуют с различным соотношением обе формы его нахождения. В бедных горизонтах оно может располагаться одновременно как в силикатных и сульфидных минералах, так и отдельно. Во втором случае частота его встречаемости в сульфидных минералах несколько выше (рис. 1).

Среднее значение доли зерен самородного золота, локализованных в силикатных минералах, колеблется по скважинам от 89.9 до 29.8 % (табл. 1). Изучение золотинок, высвобожденных в стадию дробления, показывает, что в силикатной матрице самородное золото находится преимущественно в кварцевых образованиях, а в 30 % случаев — и в метасоматически проработанной породе. На отдельных участках доля золота в метасоматитах может в 1.5—2 раза превышать долю зерен, располагающихся в кварцевых микропрожилках. Особенно это характерно для золота весьма мелких (менее 0.25 мм) фракций, среди которого соотношение золотинок в кварцевых образованиях и в породе может достигать 1:3, а в некоторых случаях они присутствуют только в породе. После растворения обломков пород, включающих золотины, последние зачастую оказываются заключенными в губчатую массу органического вещества.

Доля выделений самородного золота, сосредоточенного в сульфидных минералах, составляет по скважинам от 10.1 до 70.2 % (см. табл. 1). В среднем по всем исследованным пробам на него приходится около половины всего металла. С глубиной, как показывают результаты обработки проб по скв. 6, доля самородного золота, находящегося в сульфидах, в целом возрастает (см. рис. 1).

В сульфидах выделения самородного золота приурочены в основном к зернам мышьяковистого пирита. Основное количество самородного золота, сосредоточенного в сульфидах, приходится на отдельные их зерна, в которые включены как крупные, так и мелкие золотины. Содержания золота в сульфидах в пересчете на их массу достигают 8067 г/т.

Как правило, пробы с повышенными концентрациями самородного золота характеризуются повышенными содержаниями (на всю массу породы) металла, сосредоточенного как в силикатных минералах, так и в сульфидах (см. рис. 1). Между ними устанавливается достаточно устойчивая ($K_{\text{кор.}} = 0.75$) положительная связь. По скв. 6 установлена положительная (хотя и менее определенная) зависимость между содержанием самородного золота, сосредоточенного в сульфидах или силикатах, и количеством (выходом) сульфидных минералов в общей массе породы, при этом для силикатного золота эта связь более устойчивая.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛОТА

Гранулометрический состав самородного золота по исследованным скважинам колеблется незначительно (см. табл. 1). В количественном отношении преобладают золотины фракций -0.025 мм и $0.025-0.05$ мм (в среднем соответственно 43.5 и 32.7 %), в весовом — зерна классов $0.05-0.1$ и $0.1-$

0.25 мм (см. табл. 1). В сульфидах оно, как правило, несколько меньшей крупности, чем в силикатной матрице (см. табл. 1). С глубиной, по результатам обработки проб по скв. 6, определенной зависимости в изменении гранулометрического состава золота не устанавливается, хотя в целом намечается тенденция уменьшения среднего диаметра золотинок (см. рис. 1).

По морфологическим характеристикам выделения самородного золота в силикатной матрице и сульфидах отличаются незначительно (табл. 2). В обоих случаях преобладающей формой самородного золота являются объемные (изометричные) образования при подчиненной роли уплощенных и вытянутых разностей (доля которых несколько повышена в «сульфидном» золоте). Объемные образования представлены главным образом интерстициальными видами. Среди них преобладают комковидно-угловатые и комковидно-гнездовые разновидности преимущественно с шагреновой и мелкоямчатой, реже ямчатой и грубоямчатой поверхностью (см. табл. 2). Уплощенные трещинно-прожилковые скопления самородного золота имеют вид угловатых пластинок с мелкоямчатой и шагреновой поверхностью.

Как в силикатном, так и «сульфидном» золоте преобладают выделения бледно-желтого и желтого цветов, причем доля бледно-желтых разностей среди зерен, высвобожденных из сульфидных минералов, выше, что отвечает, как будет показано далее, более низкой пробе самородного золота, локализованного в сульфидах.

СОСТАВ ЗОЛОТА

По данным микрозондовых исследований, бледно-желтые золотины имеют пробу от 751 до 823 ‰ с резким преобладанием среди них знаков с пробой 770—800, желтые — от 778 до 885 ‰ с резким преобладанием зерен с пробой 790—820. Основное количество темно-желтых разностей самородного золота характеризуются пробой 900—920 ‰, хотя темно-желтый оттенок имеет некоторая часть золотинок со средней (830—840 ‰) пробой. Состав золотинок, как правило, очень однородный. Колебания пробы по их срезам в монтированных аншлифах обычно не превышают 10 ед.

В целом проба выделений самородного золота в рудах участка Верный, по данным микрозондового анализа, колеблется от 751 до 931 ‰ (рис. 2). По скважинам средняя проба золота составляет от 798 до 827, а в среднем по всем исследованным рудным телам — 810 ‰. Более низкая средняя проба золота в руде из скв. 5, в которой резко преобладают зерна, локализованные в сульфидах, чем в руде из скв. 1, где основная масса металла сосредоточена в силикатной матрице (см. табл. 1), позволяет утверждать о более

Таблица 2. Морфология самородного золота в рудах участка Верный Дегдеканского месторождения (%)

№ скважины	Нахождение	Форма золотинок				Поверхность золотинок					Цвет золотинок		
		комковидная	таблитчатая	пластинчатая	палочковидная	грубоямчатая	ямчатая	мелкоямчатая	шагреновая	гладкая	бледно-желтый	желтый	темно-желтый
1	В силикатах	80	14	4	2	14	26	34	24	2	36	32	32
	В сульфидах	88	4	4	4	4	—	19	69	8	96	4	—
	В целом	80	10	5	5	11	18	29	38	3	57	22	21
3	В силикатах	73	21	6	—	—	9	36	49	6	40	30	30
	В сульфидах	74	13	8	5	13	25	26	33	3	62	13	25
	В целом	71	16	10	3	7	17	31	40	5	51	21	28
5	В силикатах	74	19	4	3	40	22	21	14	3	21	53	26
	В сульфидах	54	22	24	—	30	16	19	35	—	5	92	3
	В целом	63	22	13	2	30	25	22	21	2	15	68	17
6	В силикатах	65	18	16	1	17	24	31	26	1	61	29	10
	В сульфидах	68	22	5	5	8	27	33	31	2	59	27	14
	В целом	64	21	12	4	12	24	32	31	1	61	28	11
6 (сводные пробы)	В силикатах	57	39	4	—	17	38	28	18	—	46	50	4
	В сульфидах	65	23	7	5	10	33	39	17	—	46	30	24
	В целом	62	28	6	4	11	38	35	16	—	51	36	13
9	В силикатах	92	8	—	—	12	15	19	54	—	31	50	19
	В сульфидах	52	24	24	—	3	12	24	55	6	36	61	3
	В целом	68	17	14	1	9	12	26	50	3	34	56	10
Среднее	В силикатах	73	20	6	1	17	22	28	31	2	39	41	20
	В сульфидах	67	18	12	3	11	19	27	40	3	51	38	11
	В целом	68	19	10	3	13	22	29	33	2	45	39	16

Примечание. Прочерк — золотины с данными свойствами не выявлены.

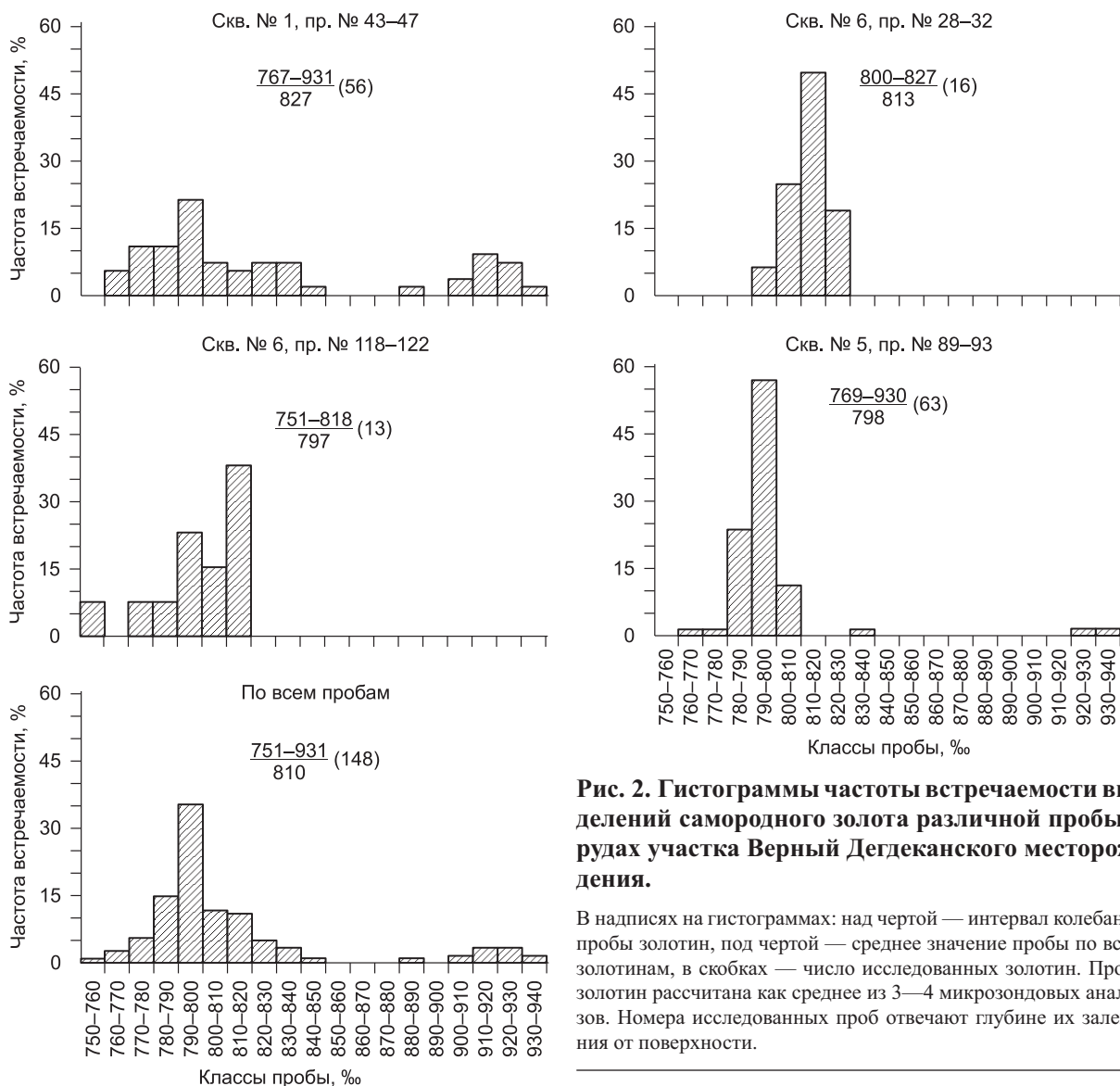


Рис. 2. Гистограммы частоты встречаемости выделений самородного золота различной пробы в рудах участка Верный Дегдеканского месторождения.

В надписях на гистограммах: над чертой — интервал колебания пробы золотинок, под чертой — среднее значение пробы по всем золотинок, в скобках — число исследованных золотинок. Проба золотинок рассчитана как среднее из 3—4 микронзондовых анализов. Номера исследованных проб отвечают глубине их залегания от поверхности.

низкой пробе выделений самородного золота, отлагавшегося в сульфидах. Этим, очевидно, в какой-то степени объясняется уменьшение пробы золота с глубиной по скв. 6 (см. рис. 2). Полученные результаты позволяют также говорить о возрастании интервала колебаний пробы и в среднем ее более низком значении в более мелких классах крупности золотинок.

По пробе среди скоплений самородного золота, распространенных в рудных телах участка Верный, вполне определенно выделяются две генерации: низкосреднепробная и высокопробная (см. рис. 2).

Основная масса образований самородного золота как в силикатной матрице, так и сульфидах связана с низкосреднепробной генерацией. Они имеют пробу от 751 до 840 с резким преобладанием зерен с пробой 780—820 ‰ (см. рис. 2), а среди них — с пробой 790—800 и 810—820 ‰ (низко- и среднепробная подгенерации). Исходя из полученной цветовой характеристики выделений самородного золота (табл. 2) и установленных значений их пробы, можно констатировать, что данные подгенерации в руде присутствуют примерно в равных пропорциях. Они распространены в пределах всего рудного поля и на всей исследованной глубине рудных тел. При весьма неравномерном их распределении в целом намечается тенденция увеличения количества низкопробного золота с глубиной (рис. 3).

Высокопробная генерация, в которую входят золотины с пробой 885—931 ‰ (преобладают зерна с пробой 910—930), имеет подчиненное распространение. Ее доля в общем балансе металла колеблется по скважинам от 10 до 30 % и составляет в среднем около 15 %. Выделения этой генерации в большей степени присущи золоту, локализованному в силикатной матрице (см. табл. 2). Характер распространения высокопробного золота по скв. 6 указывает на его приуроченность к верхним (до 120 м) горизонтам руд-

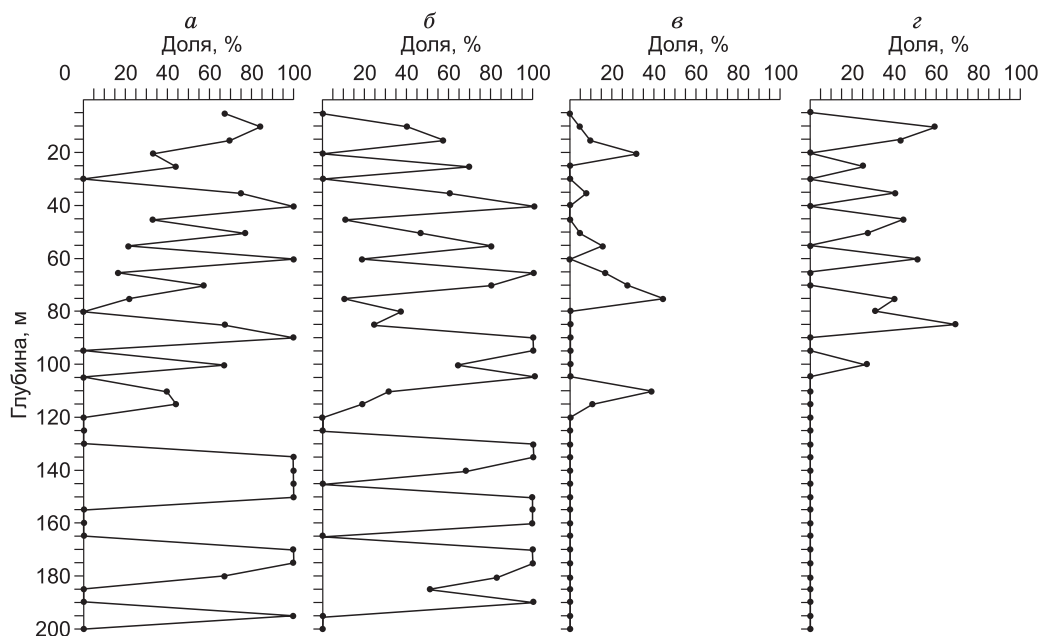


Рис. 3. Изменение по скв. 6 доли низкопробного (а, б) и высокопробного (в, з) самородного золота.

Матрицы: силикатная (а, в), сульфидная (б, з).

ных тел (см. рис. 3). По морфометрическим свойствам образования высокопробной генерации схожи с золотом низкосреднепробной генерации.

Очень слабое проявление в верхних частях месторождения процессов химического выветривания, наличие высокопробных золотинок в рудном материале, совершенно не затронутом вторичными изменениями, отсутствие следов гипергенных преобразований в золотинок средней и низкой пробы — все это указывает на то, что золото высокопробной генерации связано с эндогенным рудоотложением.

Среди элементов-примесей по частоте встречаемости в самородном золоте низкосреднепробной генерации преобладают Те, Pb, Fe, Sb, Cu, высокопробной — Pb, As, Se (табл. 3). По уровню их концент-

Таблица 3. Содержание элементов-примесей в самородном золоте из руд участка Верный Дегдеканского месторождения

Генерация золота	№ скважины	№ пробы	Количество анализов	Элемент								
				Fe	Cu	As	Se	Sb	Te	Hg	Pb	Bi
Низкосреднепробная	1	43-47	12	$\frac{25}{0.03}$	$\frac{50}{0.03}$	$\frac{42}{0.03}$	$\frac{42}{0.03}$	$\frac{58}{0.10}$	$\frac{83}{0.26}$	$\frac{17}{0.08}$	$\frac{67}{1.13}$	$\frac{25}{0.15}$
	5	89-93	34	$\frac{64}{0.06}$	$\frac{59}{0.06}$	$\frac{32}{0.03}$	$\frac{41}{0.03}$	$\frac{62}{0.06}$	$\frac{71}{0.18}$	$\frac{35}{0.11}$	$\frac{68}{0.77}$	$\frac{35}{0.19}$
	6	28-32	10	$\frac{90}{0.13}$	$\frac{20}{0.03}$	$\frac{40}{0.05}$	$\frac{10}{0.01}$	$\frac{50}{0.22}$	$\frac{90}{0.19}$	$\frac{20}{0.03}$	$\frac{90}{0.78}$	$\frac{30}{0.18}$
		118-122	7	$\frac{71}{0.06}$	$\frac{71}{0.03}$	$\frac{43}{0.1}$	$\frac{14}{0.01}$	$\frac{43}{0.06}$	$\frac{86}{0.18}$	$\frac{29}{0.18}$	$\frac{71}{0.66}$	$\frac{29}{0.17}$
		В целом	17	$\frac{82}{0.09}$	$\frac{47}{0.03}$	$\frac{41}{0.07}$	$\frac{12}{0.01}$	$\frac{47}{0.14}$	$\frac{88}{0.18}$	$\frac{24}{0.07}$	$\frac{82}{0.73}$	$\frac{29}{0.18}$
	В целом	63	$\frac{62}{0.06}$	$\frac{54}{0.05}$	$\frac{37}{0.04}$	$\frac{33}{0.02}$	$\frac{57}{0.08}$	$\frac{78}{0.20}$	$\frac{29}{0.1}$	$\frac{71}{0.81}$	$\frac{32}{0.18}$	
Высокопробная	1	43-47	8	$\frac{25}{0.03}$	$\frac{50}{0.06}$	$\frac{75}{0.06}$	$\frac{75}{0.03}$	$\frac{25}{0.01}$	$\frac{25}{0.03}$	$\frac{50}{0.14}$	$\frac{75}{1.06}$	$\frac{25}{0.11}$

Примечание. Над чертой – частота встречаемости (%), под чертой – среднее содержание (мас.%). В отдельных золотинок из рудного материала, отобранного в скв. 1, отмечались Co (до 0.12 мас.%) и Ni (до 0.1 мас.%), в скв. 6 – Sn (до 0.23 мас.%). Определение элементов-примесей выполнено во ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) на микрозондовом анализаторе SAM Scan MV-2300, $U = 20$ кВ.

рации в целом достаточно определенно можно говорить о свинцовистой специализации самородного золота Дегдеканского месторождения, чем оно отличается от аналогичных месторождений России и мира, для которых при широком разнообразии состава распространенного в них металла в большей степени присущи мышьяковистая, медистая и ртутистая его специализации [Буряк, Хмелевская, 1997; Константинов и др., 1998; Новожилов, Гаврилов, 1999; Гамянин и др., 2000; Волков, Сидоров, 2001; Григоров, 2003].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные характеристики самородного золота в рудных телах на участке Верный указывают, что в ходе формирования кварцево-сульфидного оруденения Дегдеканского месторождения основная масса самородного золота кристаллизовалась совместно с кварцем и сульфидами и при отставании роста зерен золота отлагалась в интерстициальных полостях, часть выполняла трещины в жильных и сульфидных минералах и метасоматически проработанной породе. Выявление двух генераций самородного золота свидетельствует о многостадийном характере протекания этого процесса (а не одностадийном, как полагалось ранее [Остапенко и др., 2004]).

Зональность развития оруденения выражается в проявлении на верхних наиболее обогащенных горизонтах двух (низкосреднепробной и высокопробной) генераций золота, более крупном гранулометрическом составе его выделений, локализованных как в сульфидных, так и силикатных минералах. С глубиной на фоне общего спада уровня концентраций металла отмечается возрастание роли «сульфидного» золота, уменьшение его крупности и пробы при преобладании образований одной (низкосреднепробной) генерации.

Существенная роль в гранулометрическом составе самородного золота выделений крупнее 0.1 мм преимущественно компактной формы, слабосвязанных с вмещающей их матрицей, наличие значительной доли самородного золота в тесном сростании с сульфидами и углистым веществом, при его очень неравномерном распределении, должны учитываться при выборе рациональной методики опробования таких месторождений. Прежде всего, это относится к массе анализируемой навески, ее подготовке к анализу и способу определения количества золота.

ЛИТЕРАТУРА

Буряк В.А., Хмелевская Н.М. Сухой Лог — одно из крупнейших золоторудных месторождений мира (генезис, закономерности размещения оруденения, критерии прогнозирования). Владивосток, Дальнаука, 1997, 156 с.

Волков А.В., Сидоров А.А. Уникальный золоторудный район Чукотки. М., Магадан, ДВО РАН, 2001, 180 с.

Гамянин Г.Н., Бортников Н.С., Алпатов В.В. Нежданское золоторудное месторождение — уникальное месторождение Северо-Востока России. М., ГЕОС, 2000, 228 с.

Григоров В.Т. Крупнейшие золоторудные месторождения Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау и их экономическая оценка с позиции стратиформного рудообразования. М., Научный мир, 2003, 168 с.

Константинов М.М., Аристов В.В., Вакин В.Е., Данковцев Р.Ф., Конышев В.О., Косовец Т.Н., Остроумова Н.П., Политов В.К., Симкин Г.С., Стружков С.Ф., Изотенкова В.А., Фогельман Н.А., Яновский В.М. Условия формирования и основы прогноза крупных золоторудных месторождений. М., ЦНИГРИ, 1998, 155 с.

Литвиненко И.С., Цымбалюк Н.В. О достоверности оценки крупнообъемных кварцево-сульфидных месторождений золота в углеродисто-терригенных толщах на Северо-Востоке России // Руды и металлы, 2005, № 2, с. 57—63.

Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото. М., Металлургия, 1979, 288 с.

Новожилов Ю.И., Гаврилов А.И. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. М., ЦНИГРИ, 1999, 175 с.

Остапенко Л.А., Стружков С.Ф., Рыжов О.Б., Цымбалюк Н.В., Евтушенко М.Б. Оценка достоверности опробования руд на крупнообъемных золоторудных месторождениях в терригенных толщах на примере Дегдеканского месторождения // Руды и металлы, 2004, № 2, с. 42—55.