

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЙ СЕРЕБРА И ЗОЛОТА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДНЫХ ТЕЛАХ

В.Г. Невструев

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

Поступила в редакцию 25 июня 2007 г.

Исследовано отношение содержаний серебра и золота в рудных телах месторождений различного формационного типа. Установлено, что величина отношения функционально связана с относительной сульфидностью руд (отношение произведения содержаний свинца, цинка и меди к содержанию золота). Функциональная зависимость наиболее достоверно аппроксимируется степенной функцией. На примере 85 геохимических характеристик 29 месторождений показаны различия величин отношения серебра к золоту в рудных телах вулканогенного и вулканогенно-плутоногенного типов.

Ключевые слова: соотношение серебра и золота, золоторудный, золото-серебряный, сульфидность руд, функциональная зависимость.

ВВЕДЕНИЕ

Наблюдаемая в природе тесная ассоциация минералов золота и серебра в рудных телах, обязательное присутствие обоих элементов в природных самородных интерметаллических соединениях этих элементов (от самородного серебра и кюстелита до высокопробного золота), значимая положительная корреляция этих элементов, установленная в большинстве золотосодержащих рудных тел предопределили пристальное внимание геологов к вариациям соотношений их концентраций в рудных телах при формационном и металлогеническом анализе.

Золото-серебряное отношение использовано как классификационный признак при формационном анализе [3, 13, 15], выявлении региональной зональности [5, 12], гипогенной зональности месторождений [1, 2, 12]. Основываясь на химических особенностях золота и серебра, В.В. Щербина [16] полагал, что в вертикальном разрезе одного месторождения отношение серебра к золоту должно меняться в пользу последнего вниз по разрезу.

За константу, разделяющую собственно золотые и золото-серебряные месторождения, принимались различные величины от 2 до 50 (для удобства изложения здесь и далее приведены величины отношения серебра к золоту). Некоторые исследователи для анализа использовали директивное соотношение этих элементов в неявной форме, величина которого вы-

биралась исходя из круга рассматриваемых месторождений, формационная принадлежность которых определялась другими геологическими факторами. Существование различных взглядов исследователей на величину отношения серебра к золоту, как классификационному признаку, существенно сдерживает его использование в практической геологии.

Директивные разграничения объектов по величине отношения в значительной мере определяются либо экономическими соображениями, либо субъективными взглядами исследователя на генетическую природу месторождений. Это привело к тому, что в последнее десятилетие к золото-серебряным стали относить практически любые гидротермальные месторождения, содержащие золото и серебро. Учитывая факт, что не существует золотосодержащих месторождений без серебра, все они опосредованно относятся к золото-серебряным. Таким образом, в последние годы соотношение серебра и золота, как классификационного признака, существенно девальвировано. В то же время, очевидные различия рудных тел с высокими и низкими концентрациями серебра относительно золота вынуждают исследователей для их классификации использовать другие геологические и минералогические признаки, получение которых связано с детальными исследованиями. Такой подход безусловно применим на стадиях оценки и эксплуатации рудных тел, но на поисковой стадии, когда сведения об объекте нередко ограничива-

ются анализом единичных штуфов, требуются более оперативные методики.

Ограниченность применения соотношения серебра и золота в классификационных целях неоднократно отмечалась при исследовании золоторудных месторождений. При этом предлагалось в качестве дополнительных критериев разграничения минеральных и геохимических типов руд использовать содержания мышьяка–сурьмы–висмута, свинца–цинка, теллура–селена [11], мультипликативное отношение золота и теллура к серебру и селену [15], соотношение золота и свинца, серебра и мышьяка, сурьмы и вольфрама [6].

Важным аспектом, применительно к рассматриваемой проблеме, является определение объекта исследований. Доминирующий в геологической литературе термин “месторождение” имеет неоднозначное толкование. Этим термином описываются объекты, отработка которых рациональна при данных экономических условиях, группы пространственно сближенных рудных тел, обрабатываемых одним горнодобывающим предприятием, группа рудных тел, сформированных в единой геологической структуре (синоним рудного поля) и так далее. Таким образом, термин может описывать одно рудное тело, либо несколько рудных тел как сходных, так и различных минералого-геохимических типов. Пространственная близость рудных тел разного минералого-геохимического типа, сформированных на разных этапах геологического развития территории, является довольно обычным явлением при формировании гидротермальных рудных объектов. Примерами могут служить рудные поля: крупное – Многовершинное и небольшое – Чачикское (Прихотье). На первом из них в основных промышленных рудных телах Верхнем, Центральном и Промежуточном соотношение варьирует от менее единицы до 7. Рудное тело Тихое, расположенное на фланге, характеризуется отношением серебра к золоту более 20 и существенно отличается от названных по минералого-геохимическим характеристикам. На Чачикском рудном поле субширотной ориентированная зона Геохимическая является типичным золото-серебряным телом с кварц-аргентитовой минерализацией, которое отчетливо идентифицируется с широко известной минерализацией Хаканджинского рудного поля [10]. Рядом расположенная рудная зона Западная имеет субмеридиональную ориентировку и является типичным золоторудным убогосульфидным объектом с отношением серебра к золоту от единицы до двух.

Несомненно, что генетический анализ и прогнозная оценка таких различных тел на основе иден-

тификации с хорошо изученными рудными телами с использованием минералого-геохимических данных, включая соотношение серебра и золота в рудах, должна осуществляться по различным критериям, и объектом исследований золото-серебряного отношения должно быть рудное тело.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Минералого-геохимические исследования месторождений Западного Прихотья и Приамурья, проведенные автором, а также обширные опубликованные материалы позволили выявить некоторые факторы изменчивости соотношения серебра и золота в рудных телах различного генезиса.

Целью исследований являлось получение данных о вариациях соотношений химических элементов в рудных телах. Для анализа использованы результаты количественных определений концентраций элементов в борздовых, керновых и технологических пробах, а также опубликованные данные по их средним содержаниям в рудах, определенные как усредненные показатели в процессе многолетней эксплуатации.

В процессе исследований выяснено, что для рудных тел с низкими средними содержаниями серебра (первые граммы на тонну) и золота (менее 1 г/т) отношение возрастает, что объясняется субъективными причинами, включая возможность загрязнения проб серебром при пробирном анализе с использованием свинцового глета для экстракции золота и серебра. При низких содержаниях золота увеличивается и коэффициент вариации отношений, что можно объяснить увеличением аналитической дисперсии при приближении к порогу чувствительности анализа, а также влиянием фоновых концентраций элементов. Поэтому анализ проводился с использованием данных с концентрациями золота в пробах от 1 г/т и выше.

Вычисление величин средних отношений обычно проводится либо по отношению средних содержаний элементов, либо как среднее из отношений в каждом наблюдении выборочной совокупности. Для проверки сопоставимости результатов проведены вычисления по двум методикам (табл. 1).

Для каждой выборки вычислены статистики для каждого параметра и на основании выборочных данных определено оптимальное количество наблюдений, достаточное для оценки среднего при двадцати-процентном уровне ошибки. В результате выяснено, что для выборок с числом наблюдений, близким к оптимальному, расхождения средних статистически не значимы. При недостаточном количестве наблю-

Таблица 1. Средние значения отношений серебра к золоту, вычисленные по разным методикам.

Месторождения	Хаканджинское					Юрьевское		
	175	267	170	194	151	155	154	157
Номера выборок	175	267	170	194	151	155	154	157
Среднее из отношений в каждой пробе	22	14	47	58	8.8	0.88	1.7	3.8
Отношение средних содержаний Ag/Au	18	86	48	58	7.4	0.74	1.6	0.8
Число проб в выборке	15	24	48	19	197	17	68	17
Число проб, статистически достаточное для оценки среднего	96	54	42	22	36	14	35	133

дений отношения оказались в одних случаях близки, а в других отличаются почти в пять раз и расхождения статистически значимы. Поэтому среднее отношение вычислялось как среднее из отношений в каждой пробе с последующей статистической оценкой его достоверности. Выборки с числом наблюдений, недостаточным для достоверной оценки среднего, отбраковывались.

В результате статистической обработки установлено, что распределение величин отношений в подавляющем большинстве выборок аппроксимируется нормальным законом, что позволяет использовать критерий Стьюдента для проверки гипотезы о равенстве средних. Для исследований отобрано около 200 выборок по Хаканджинскому и Юрьевскому месторождениям Западного Приохотья, а также на нескольких рудопроявлениях в пределах развития вулканогенных пород. Для каждой из них проверялась гипотеза о равенстве средних и дисперсий с остальными при 5% уровне значимости. Вычисления проведены на ЭВМ по специально разработанной программе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ данных позволил сделать следующие выводы:

1. Для разных природных типов руд одного месторождения средняя величина отношения серебра к золоту может быть различна и расхождения нередко статистически значимы;

2. Для однотипных руд Центрального рудного тела Хаканджинского месторождения гипотеза о равенстве не отвергается при разности отметок горизонтов около 100 м. При увеличении расстояния между горизонтами на нижних горизонтах величина отношения меньше и расхождения статистически значимы.

3. Месторождения Хаканджинское и Юрьевское характеризуются разными величинами отношения. Причем, даже самые низкие значения отношения на

Хаканджинском месторождении больше самых высоких на Юрьевском.

4. Рудопроявления с высоким суммарным содержанием полиметаллов (5–10%), особенно свинца и цинка, имеют статистически равные величины отношения с мало- и убогосульфидными золото-серебряными месторождениями и рудопроявлениями.

При этом было замечено, что отношение увеличивается и в пробах, отобранных в интервалах рудных тел с относительно повышенными концентрациями свинца, цинка и меди, что послужило основанием для более детального исследования влияния этого фактора на вариации отношения.

На рисунке 1 приведена диаграмма, построенная по отдельным пробам (горизонт 508 м, штольня 3 Хаканджинского месторождения [10]). Независимо от типа руд, вскрытых выработкой, отношение серебра к золоту отчетливо увеличивается с увеличением мультипликативного отношения полиметаллов к золоту.

Такая же тенденция проявлена на диаграмме, построенной по пробам из месторождения Ладолам

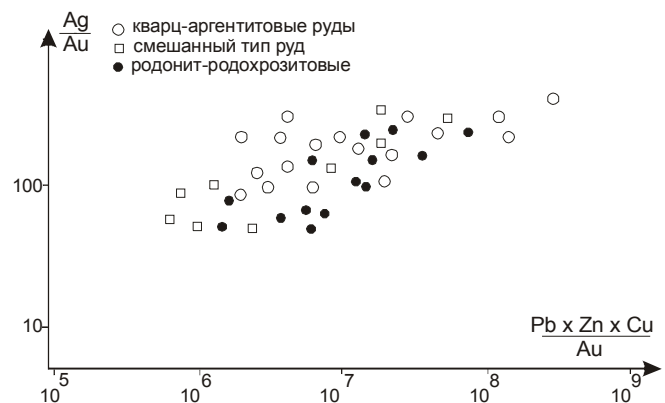


Рис. 1. Диаграмма природных типов руд горизонта 508 Центрального тела Хаканджинского рудного поля. Бороздовое опробование подземных горных выработок.

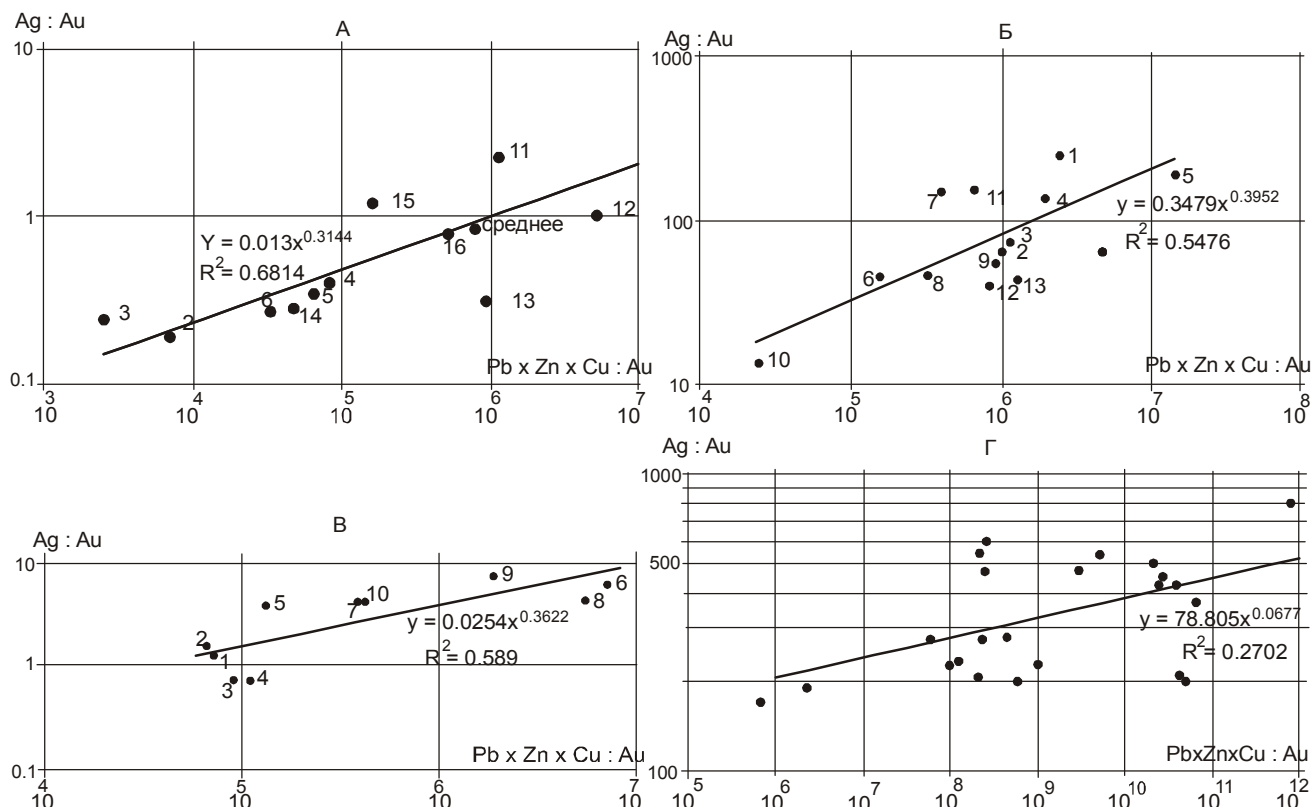


Рис. 2. Изменение отношения Ag:Au в зависимости от нормированной по золоту сульфидности руд.

А – в пробах месторождения Ладолам. Пробы по данным [18]. Номера на схеме: 2, 3 – скв.473; 4, 5, 6 – West Minifie; 11, 16 – Centr. Minifie; 12 – скв. 537; 13 – скв. 441; 14 – East. Minifie; 15 – скв.499; Б – по горизонтам Хаканджинского рудного поля, номера на диаграмме – Центральное рудное тело: 1 – поверхность, 2,3 – горизонт 508 м, 4,5 – гор. 479 м, 6,7 – гор. 448 м, 8 – гор. 390 м, 9,11 – гор.315 м, 12,13 – технологические пробы; 10 – Третье рудное тело; В – в рудных телах Многовершинного рудного поля: 1–4 – р.т. Верхнее: 1 – поверхность, 2 – гор. 845 м, 3 – гор. 785 м, 4 – гор. 706; 5 – р.т. Центральное; 6–10 – р.т. Промежуточное: 6, 7 – гор.480 м (поверхность), 8 – гор.380 м, 9 – гор.260 м, 10 – гор.180 м.; Г – в рудных телах Дукатского рудного поля, Технологические и крупнообъемные пробы.

(Ladalam), расположенном на о. Лихир, Папуа Новая Гвинея (рис. 2 А) [18] и ряда других объектов.

При построении диаграмм по средним величинам отношений различных горизонтов и рудных тел Хаканджинского (рис. 2 Б), Многовершинного (рис. 2 В), Дукатского (рис. 2 Г) и ряда других рудных полей выяснено, что тенденция увеличения отношения серебра к золоту при повышении мультипликативного отношения полиметаллов к золоту характерна для всех объектов.

Тренды изменчивости с наиболее высокой достоверностью аппроксимируются степенными функциями (приведены на рисунках). Несмотря на существенные различия возраста и генезиса объектов [7, 14], при построении в логарифмическом масштабе линии трендов прямые и показывают отчетливую положительную зависимость характеристик.

Для 29 рудных полей (табл. 2) вычислены средние величины отношения, характеризующие отдельные рудные тела и горизонты рудных тел. Исходными данными послужили материалы многолетних исследований автора и других исследователей в пределах различных рудных полей, а также опубликованные материалы (табл. 2). По этим данным построена диаграмма и вычислено уравнение регрессии для всей совокупности исследуемых объектов (рис. 3).

Зависимость переменных наиболее достоверно аппроксимируется степенной функцией. Тренд изменений сохраняет свою направленность и для множества объектов, также как для единичных проб или отдельных рудных тел. Причем, линия тренда практически полностью разделяет поля объектов, относимых к вулканогенному и вулканогенно-плутоногенному типам [6, 8, 14].

Таблица 2. Содержания элементов-спутников в рудах.

№№ на рис.6	Месторождение	Место отбора проб	Анализируемый материал	Содержания элементов (n × 10 ⁻⁴ %)						Источник информации	
				Cu	Pb	Zn	As	Sb	Au		Ag
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Юрьевское	к-301	бороздовые пробы	67.6	53.84	90	102.6	5	4.85	3.21	*
2	– “ –	к-342,346	– “ –	65.52	34.1	68.32	114.1	5	2.05	2.48	*
3	– “ –	шт.1, рас.5,6,7,8	– “ –	69.5	42.6	7.5	101.8	5	10.92	7.49	*
4	– “ –	шт.1, рас.10,12, 14,16	– “ –	60.9	222.4	10.73	163.8	5	4.39	10.73	*
5	– “ –	шт.1, рас.18,20,22,24	– “ –	63	16.7	61.5	496.7	5	1.27	3.32	*
6	– “ –	шт.1, рас.35,37	– “ –	42.3	39.2	59.5	690.8	5	1.29	2.55	*
7	– “ –	к-301;	– “ –	60	13.1	78.8	56.6	5	4	2.6	*
8	– “ –	шт.1, рас.7,8 к-301;	– “ –	65.5	42.7	61.4	313	5	23.7	20	*
9	– “ –	шт.1, рас.7,8 штольня 1	технологическая проба	20	6	5	200	50	15.2	18.2	*
10	Кулюкли	к-3	бороздовые пробы	44.28	9.8	10.57	25	5	4.8	3.23	*
11	– “ –	к-1, 5	– “ –	58	12.66	26.08	67.5	5	1.3	1.59	*
12	– “ –	поверхность	штуфные пробы	32.5	12.5	12.62	56.25	5	1.45	1.79	*
13	– “ –	поверхность	– “ –	23.33	9.16	9.5	25	5	3.77	3.53	*
14	– “ –	поверхность	– “ –	23.68	12.1	4.36	64.47	5	1.16	1.16	*
15	Буриндинское	р.т. Центральное, к-37,294,75	бороздовые пробы	48	33.6	41	50	50	1.1	35.08	*
16	– “ –	р.т. Южное, к-2,3,20,13	– “ –	17.5	20	33.3	50	102.5	5.15	29.22	*
17	Чачикское	к-157,175,186, 200,203	– “ –	115.86	719.7	354.7	105.9	5	39.54	2935.5	**
18	– “ –	зона Геохимическая, штрек	– “ –	96.8	1336.8	1513.5	76.3	5	31.37	2464.8	**
19	– “ –	зона Западная, к-219/1	– “ –	51.7	19.7	35.4	37.4	5	8.63	22	**
20	– “ –	зона Надеждинская, к-184	– “ –	217	340	35.5	133	5	1.31	151.1	**
21	Многовершинное	р.т. Промежуточное, шт.8, гор.380	– “ –	112	420	570	80	5	4.9	22	*
22	Хаканджинское	Третье р.т. Шт. 5, квершлаг	технологическая проба	400	100	200	50	100	9.8	391	*
23	– “ –	Центральное р.т. шт. 4	– “ –	300	700	1500	50	50	20.5	1199.6	*
24	– “ –	Центральное р.т., шт. 3	– “ –	300	600	300	50	100	10	320	*

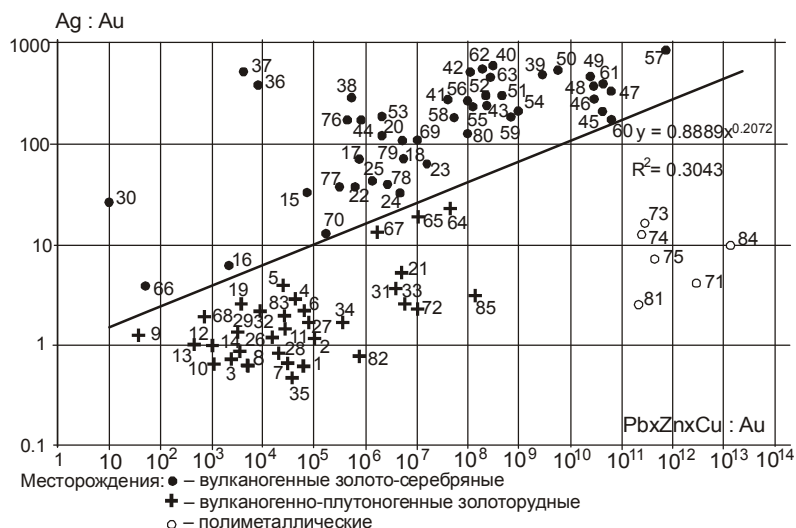
Таблица 2. (Продолжение).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	Хаканджинское	Центральное р.т., шт. 6	технологическая проба	150	700	100	50	100	8	349	*
26	Покровское	поверхность	– “ –	20	70	80	700	50	11.2	15.3	***
27	– “ –	н. с	технологическая проба 2	200	25	120	600	200	7.5	13	***
28	– “ –	н. с	технологическая проба 3	50	70	100	300	200	8.1	7.5	***
29	– “ –	богатые руды	технологическая проба	74	34	147	1129	80	11.1	15.6	***
30	Валунистый	н. с	полосчатые руды	6	6	10	50	15	35.5	1000	****
31	Карамкен	н.с.	технологическая проба	100	1000	1700	320	70	39.3	114.8	****
32	– “ –	н.с.	– “ –	80	80	140	40	200	36.5	69.6	*****
33	– “ –	штольня 2, уч. Восточный	– “ –	400	2000	600	н.с.	80	39.8	106.4	*****
34	– “ –	н.с.	технологическая проба 2	300	50	500	н.с.	н.с.	40.1	69.4	*****
35	Агинское	н.с.	технологическая проба	120	200	80	300	н.с.	41.9	21.1	*****
36	Утёсное	н.с.	полосчатый кварц	30	20	20	50	100	1.5	600	****
37	– “ –	н.с.	полосчатый кварц	100	20	5	100	1000	2.3	1200	****
38	– “ –	проба из ж. 6, шт. 2, гор.992, штрек 1, 2, 3, 7, 10	технологическая проба	1200	50	200	1000	2000	19.3	5870	****
39	Дукатское	проба 2	родонит-родохрозитовые руды	800	4200	7100	н.с.	н.с.	7.6	3614.8	****
40	– “ –	проба 5	серебро-аргентитовые руды	200	2800	8000	– “ –	– “ –	17.9	10555.3	****
41	– “ –	проба 9	серебро-аргентитовые руды	500	3000	1400	– “ –	– “ –	34.4	9334	****
42	– “ –	н.с.	родонит-родохрозитовые руды	300	1000	2500	– “ –	– “ –	3.4	1850	****
43	– “ –	штольня 3	н.с.	120	1100	1800	– “ –	– “ –	2.3	504.6	****
44	– “ –	н.с.	проба 1,	460	300	450	300	700	97	16450	****
45	– “ –	н.с.	проба 3,	2700	11000	9400	40	17	6.21	1293	****
46	– “ –	н.с.	проба 4-б,	650	7500	9800	40		1.77	706.6	****
47	– “ –	н.с.	проба 4-м,	870	13500	16300	20		3.1	1138.8	****
48	– “ –	н.с.	проба 4	650	7500	9800	6500		1.7	720	****
49	– “ –	проба 4, р.з.1-3		600	5500	10400	н.с.	50	1.5	754	*****
50	– “ –	штольня 6, гор.860	проба 7,	200	4300	6600	80	н.с.	1.1	590	****
51	– “ –	поверхность, жила 1	н.с.	1200	8000	660	5500	– “ –	15	4470	****
52	– “ –	поверхность, жила 3	н.с.	1100	2500	1500	н.с.	– “ –	18	5059	****
53	– “ –	поверхность, траншея 8	н.с.	400	1500	490	– “ –	– “ –	131.2	24809	****
54	– “ –	н.с.	проба 55	2100	1900	3700	– “ –	– “ –	16.4	3682	****
55	– “ –	н.с.	проба 84	1800	280	1000	– “ –	– “ –	2.6	550	****
56	– “ –	штольня 3	н.с.	120	1100	1800	– “ –	– “ –	2.3	504.6	****
57	– “ –		проба 40	2200	9400	4100	– “ –	– “ –	0.1	82.4	****
58	– “ –	углубка до 100 м	н.с.	720	1200	1400	– “ –	– “ –	9.6	2240	****
59	– “ –	н.с.	технологическая проба Д-2	1200	1700	2000	– “ –	– “ –	6.9	1381	****
60	– “ –	н.с.	технологическая проба Д-3	3300	11200	9000	– “ –	– “ –	6	1220	****

Таблица 2. (Окончание).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
61	Дукатское	н.с	технологическая проба Д-4	650	8500	10000	н.с.	н.с.	1.7	720	****
62	– “ –	н.с	технологическая проба Д-5	300	1000	2500	н.с.	н.с.	3.4	1850	****
63	– “ –	н.с	технологическая проба Д-6	270	800	2100	н.с.	н.с.	1.8	846	****
64	Агатовское	участок 1, канава	технологическая проба 1	520	1700	1100	700	200	25.2	540.7	*****
65	Мутновское	проба 1	технологическая проба	440	300	660	300	н.с.	7	136	*****
66	Банное	н.с.	технологическая проба	10	3	20	100	10	12.1	42.3	*****
67	Аметистовое	н.с.	технологическая проба	120	900	420	500	300	22.6	306.5	*****
68	Асачинское	н.с.	технологическая проба	60	25	170	50	32	99.8	197.4	*****
69	Салют	рудное тело Северное, расщелина 7	технологическая проба	300	300	600	сл.	н.с.	6.8	689	*****
70	Приморское	проба 1, к.4, задира	н.с.	120	110	130	96	н.с.	8.8	97.8	*****
71	Беганское	проба	технологическая проба 6	4300	10300	62000	н.с.	н.с.	0.97	4.01	*****
72	Береговское	проба	технологическая проба 5	100	1400	300	н.с.	н.с.	6.1	16.9	*****
73	Дьёндьёшороси, ж. Карой	горизонт 460	среднее по гор.	600	31600	35700	н.с.	н.с.	2.42	40	[9]
74	– “ –	горизонт 400	среднее по гор.	800	18200	33400	н.с.	н.с.	2.12	28	[9]
75	– “ –	горизонт 300	среднее по гор.	1800	11300	43600	н.с.	н.с.	1.87	13	[9]
76	Гуанохуато,	жила San Francisco	н.с	300	200	50	н.с.	50	3.9	662	[19]
77	– “ –	жила Echada	н.с	300	200	200	н.с.	100	37.7	1499	[19]
78	– “ –	жила Reina-Isabel	н.с	300	100	100	н.с.	50	1	41	[19]
79	– “ –	жила Villalpando	н.с	400	200	600	н.с.	100	7.9	799	[19]
80	– “ –	жила Cebada	н.с	6000	9400	1200	н.с.	3400	609.6	92676	[19]
81	Веовача	н.с	н.с	1400	10000	30000	н.с.		2	5	[4]
82	Ладолам (Ladolam)	рудное тело Lienetz	зоны дробления с ангидритом и золотом, редкие сульфиды и теллуриды.	530	108	32	350	н.с.	2.42	2	[17, стр. 1796]
83	Tolukuma Deposit	Gold скв. TD234/1, уровень около 1550 м, сечение 7,5 м	кварц-адуляр-серицитовая жила	119	60	112	37	165	98.5	216	[17, стр. 1781]
84	Reward Polymetallic	скв. НМ047, интервал 245 - 252 м	массивные свинец-цинк-баритовые линзы	12700	116000	225000	н.с.	н.с.	24	248	[17, стр. 1542]
85	Nevoria		среднее по добыче	570	1050	1000	н.с.	н.с.	4.1	11.8	[17, стр. 301]

Примечание. * – материалы автора; ** – перс. сообщение В.В. Ивантаева; *** – перс. сообщение Н.Е. Малямина; **** – перс. сообщение Т.Н. Косовец; н.с. – нет сведений.



Обращает на себя внимание существенное обогащение серебром Валунистого (30) и Утесненского (36–38) рудных полей Охотско-Чукотского вулканогенного пояса по сравнению с типичными вулканогенными золото-серебряными телами (Хаканджинское, Гуанохуато). Наиболее вероятно, что опробованы лишь верхние части тел, где серебро обогащает надрудную часть, либо это иной тип преимущественно серебряной минерализации, еще недостаточно изученный. В любом случае требуется дополнительное осмысление имеющейся и сбор дополнительной геологической информации по объектам, что позволит объяснить эти отклонения.

Полиметаллические месторождения, несущие также и относительно высокие содержания серебра и золота (73–75 – Дендьешороси, 81 – Веовача, 84 – Reward Polymetallic, 85 – Nevoria и ряд других, не приведенных на диаграмме), имеют отношение серебра к золоту в рудах около 10 единиц и сопоставимы по этому показателю с золото-серебряными или золоторудными объектами, несмотря на то, что их генезис и минералогия явно иные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные материалы позволяют констатировать, что величина отношения серебра и золота в гидротермальных рудных телах определяется тремя факторами: генезисом, относительной сульфидностью руд, определяемой как частное от деления произведения содержаний полиметаллов на содержание золота. Формальное использование величины отношения, заданной директивно, без учета сульфидности руд, может повлечь за собой ошибочные выводы.

Рис. 3. Средние отношения Ag: Au в рудах различных рудных полей.

Номерами обозначены рудные поля (табл. 2): 1–9 – Юрьевское, 10–14 – Кулюкли, 15, 16 – Буриндинское, 17–20 – Чачикское, 21 – Многовершинное (р.т.Промежуточное), 22–25 – Хаканджинское, 26–29 – Покровское, 30 – Валунистое, 31–34 – Карамкен, 35 – Агинское, 36–38 – Утёсное, 39–63 – Дукатское, 64 – Агатовское, 65 – Мутновское, 66 – Банное, 67 – Аметистовое, 68 – Асачинское, 69 – Салют, 70 – Приморское, 71 – Беганьское, 72 – Береговое, 73–75 – Дендьешороси (Венгрия), 76–80 – Гуанохуато (Мексика), 81 – Веовача (Босния), 82 – Ладолом, 83 – Tolukuma, 84 – Reward Polymetallic, 85 – Nevoria. Всего рудных полей 29.

ЛИТЕРАТУРА

- Амосов Р.А. Отношение золота к серебру в рудах западного участка Дарасунского месторождения // Тр. ЦНИГРИ. 1968. Вып. 79. С. 135–141.
- Берман Ю.С., Горельшев А.В. Золото-серебряные отношения на примере золото-серебряного месторождения Северо-Востока СССР // Геохимия. 1974. С. 1613–1632.
- Воларович Г.П., Казаринов А.Н. Сравнительная характеристика близповерхностных месторождений золота Востока СССР, связанных с вулканогенными породами // Тр. ЦНИГРИ. 1968. Вып. 79. С. 15–28.
- Колчеданные месторождения зарубежных стран. М.: Наука, 1984. 216 с.
- Константинов М.М. и др. О значении количественных связей золота и серебра (на примере золоторудных месторождений Закавказья) // Тр. ЦНИГРИ. 1974. Вып. 114. С. 90–100.
- Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. М.: Недра, 1984. 165 с.
- Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. М.: Науч. мир, 2000. 272 с.
- Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. М.: Науч. мир, 2006. 358 с.
- Минеральные месторождения Европы. М.: Мир, 1984. Т.2. 406 с.
- Невструев В.Г. Геохимическая типизация, зональность и прогнозная оценка золотого оруденения (на основе месторождений Западного Приохотья). Автореферат дис... канд. геол.-минер. наук. Благовещенск, 1994.
- Петровская Н.В., Шер С.Д., Сафонов Ю.Г. Формации золоторудных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. М., 1976. Т.2. С. 3–110.
- Подзерский В.А. О влиянии глубины формирования кварцево-золоторудных месторождений Центральных Кызылкумов на величину отношения Au/Ag в рудах // Узбекский геол. журнал. 1970. № 4. С. 62–65.
- Сидоров А.А. Золото-серебряное оруденение Центральной Чукотки. М.: Наука, 1966. 146 с.

14. Стружков С.Ф, Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Науч. мир, 2005. 320 с.
15. Хомич В.Г., Иванов В.В., Фатьянов И.И. Типизация золото-серебряного оруденения. Владивосток, 1989. 289 с.
16. Щербина В.В. О геохимическом значении количественного отношения Ag/Au // Геохимия. 1966. № 3. С. 65–73.
17. Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea (in Two Volumes)/Ed. by F.E. Hughes. 1990.
18. Müller D., Kaminski K., Uhlig S. et al. The transition from porphyry- to epithermal-style gold mineralization at Ladolam, Lihir Island, Papua New Guinea: a reconnaissance study // Miner. Deposita. 2002. 37. P. 61–74.
19. Petruk W., Owens D. Some Mineralogical characteristics of the silver deposit in the Guanojuato. District Mexico. Econ. Geol. 1974. V. 69, N 7. P. 1078–1085.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

V.G. Nevstruev

A change in the silver/gold ratio in hydrothermal ore bodies

The silver/gold ratio in the ore bodies of deposits of different formational type has been investigated. It has been established that the value of the ratio is functionally related to the relative sulfur content of ores (the relation of the product of lead, zinc and copper content to gold). The functional dependence is most reliably approximated by the power function. As exemplified by 85 geochemical characteristics of 29 deposits, differences in the values of the silver/gold ratio in the ore bodies of the volcanogenic and volcanogenic–plutogenic type are shown.

Key words: silver/gold ratio, gold ore, gold-silver ore, sulfidity of ores, functional dependence.