

Закономерности распределения золота в выветрелых рудах восточного фланга рудопроявления Тутхливаям (Камчатский край)

Швейгерт П.Е., Буханова Д.С.

Regularities of Au distribution in weathered ores of the eastern flank of the Tutkhliyayam ore occurrence (Kamchatsky krai)

Schweigert P.E., Bukhanova D.S.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: schweigertpe@gmail.com

В работе представлены результаты статистической обработки массива данных, составленного по результатам штурфового опробования рудных тел рудопроявления Тутхливаям (Камчатский край). Выделены две популяции концентраций Au, вычислены парные коэффициенты корреляции основных рудных элементов и серы, предложена интерпретация статистических наблюдений.

Рудопроявление Тутхливаям расположено на границе Тигильского и Карагинского районов Камчатского края, в 73 км к западу от п. Оссора. С позиций металлогении занимает центральную часть одноименного рудного поля в составе Эруваямского рудного узла Оссорского рудного района Центрально-Камчатской металлогенической провинции. Оруденение приурочено к наложенной металлогенической зоне, связанной с субаэральным вулканизмом олигоцен-плиоценового возраста.

Геологическая характеристика

Геологическое строение участка земной коры в пределах рудопроявления представлено отложениями двух вулканических комплексов: андезитового умуваямского (N_{1um}) и несогласно перекрывающего его трахиандезит-дацит-андезитового толятоваямского (N_{1-tl}). Около 15 % площади рудного поля находится в пределах распространения гидротермально измененных пород, представленных пропилитами, аргиллизитами, вторичными кварцитами, окварцованными и пиритизированными породами, околосильными метасоматитами. В тектоническом строении рудного поля выделяются два структурных яруса: миоценовый, сложенный вулканитами умуваямского комплекса, и миоцен-нижнечетвертичный, представленный образованиями толятоваямского вулканического комплекса. Через территорию рудного поля проходит Центрально-Камчатский глубинный разлом, полностью перекрытый образованиями Центрально-Камчатского вулканического пояса. В пределах рудопроявления дизъюнктивная тектоника представлена наложением систем сбросов и сбросо-сдвигов северо-восточного и северо-западного простираний, с которыми связаны дайки, субвулканические тела, зоны дробления и гидротермальные жилы. Выделяются два рудных тела: западного и восточного флангов, приуроченные к широтной зоне повышенной проницаемости [1].

Рудные тела и природные типы руд

Рудное тело западного фланга прослежено в верхнерудном горизонте эрозионного среза на протяжении 200 м. Абсолютные отметки выходов жилы – около 1000 м. Руды относятся к золото-адуляр-кварцевому минеральному комплексу. Рудная минерализация не превышает 1 % и представлена самородным золотом, реже пиритом, халькопиритом. Оруденение характеризуется высоким значением Au/Ag отношения (1/1 и выше). Содержания золота колеблются от 4.3 до 20.4 г/т, при среднем 11.2 г/т. Среднее содержание серебра – 13.5 г/т.

Рудное тело восточного фланга с поверхности прослежено на 200 м, руды относятся к золото-гессит-сульфиднополиметаллическому минеральному комплексу, характеризуются сочетанием брекчиевых и прожилково-вкрапленных текстур

жильного выполнения и метасоматического замещения. Рудная минерализация составляет 3-5 % жильной массы. Преобладает халькопирит и сфалерит, в подчиненном количестве – галенит, пирит, гессит и самородное золото. Отношение золота к серебру варьирует от 1/30 до 1/70. Концентрации золота и серебра в рудах распределены крайне неравномерно. Средние содержания золота по пересечениям колеблются от 4.4 до 42.1 г/т, серебра от 139.7 до 2144.6 г/т. По результатам штучного опробования богатых руд, содержания золота достигают 90.3 г/т, серебра – 4761.9 г/т. Отмечаются повышенные содержания меди (до 2.3 %), свинца (до 4 %), цинка (до 0.8 %), теллура (до 5.4 г/т). Относительное превышение выходов рудных тел западного фланга над восточным составляет 350-400 м, что является косвенным признаком вертикального размаха оруденения более 300 м [1].

Фактический материал и методы исследования

В работе представлены результаты статистической обработки массива данных, составленного по результатам анализа химического состава штучных проб руд восточного фланга рудопроявления Тутхливаям методами: ME-ICP41 (царсководочная диссоциация навески 0.5 г с последующей атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES); элементы: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn) и Au-AA26 (пробирное обогащение навески 30 г с атомно-абсорбционным окончанием). Пробы были отобраны в ходе рекогносцировочных работ из обнажений рудного тела профилями вкрест простирания, с выходом во вмещающие породы, методом пунктирной борозды при средней удельной массе пробы 3 кг/м. Образцы и результаты анализа химического состава предоставлены ООО «Оссорская ГГК».

Массив содержит 25 столбцов, соответствующих химическим элементам, показавшим представительное распределение содержаний в интервале чувствительности метода (Au, Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, V, Zn). Концентрации перечисленных элементов в пределах выборки имеют логнормальное распределение с левой асимметрией, поэтому в качестве элементов массива использованы натуральные логарифмы концентраций соответствующих элементов. Пробы богатых руд, содержащие концентрации Ag, Pb и Cu, превышающие верхний порог обнаружения, были удалены из массива как непредставительные для статистической обработки. Массив, полученный после удаления ураганных содержаний, содержит 218 строк, соответствующих отдельным пробам, и далее называется исходным. Цель исследования – выявление структуры распределения самородного золота в полученном массиве.

Для интерпретации выделенных по статистическим наблюдениям закономерностей использованы результаты сканирующей электронной микроскопии аншлифов отдельных образцов. Исследование проведено при помощи микроскопа Tescan Vega 3, оснащенного энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80 mm², аналитик – научный сотрудник лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН С.В. Москалева.

Результаты исследования

Распределение Au в исходном массиве отчетливо полимодально, первая популяция, в которую входят концентрации Au до 0.25 г/т (рис. 1а), была интерпретирована как пробы, находящиеся ниже природного борта (то есть, за пределами геологической границы рудного тела), и исключена из дальнейшего анализа. В оставшейся выборке снова выделяются две популяции (рис. 1б). В первую входят концентрации Au до 1.0 г/т, во вторую – более 1.0 г/т. Будучи сепарированы, выборки показывают нормальное распределение (рис. 1в, г). Таким образом, для дальнейшего

анализа были сформированы 2 выборки: Au 0.25-1.00 г/т (выборка 1; 31 проба) и Au 1.00-33.12 г/т (выборка 2; 63 пробы).

По результатам кластерного и факторного анализов в обеих выборках отчетливо выделяется рудная ассоциация, представленная элементами: Au, Ag, Pb, Cu. Для обеих выборок были построены матрицы парных корреляций для распределения основных рудных элементов и серы (таблица).

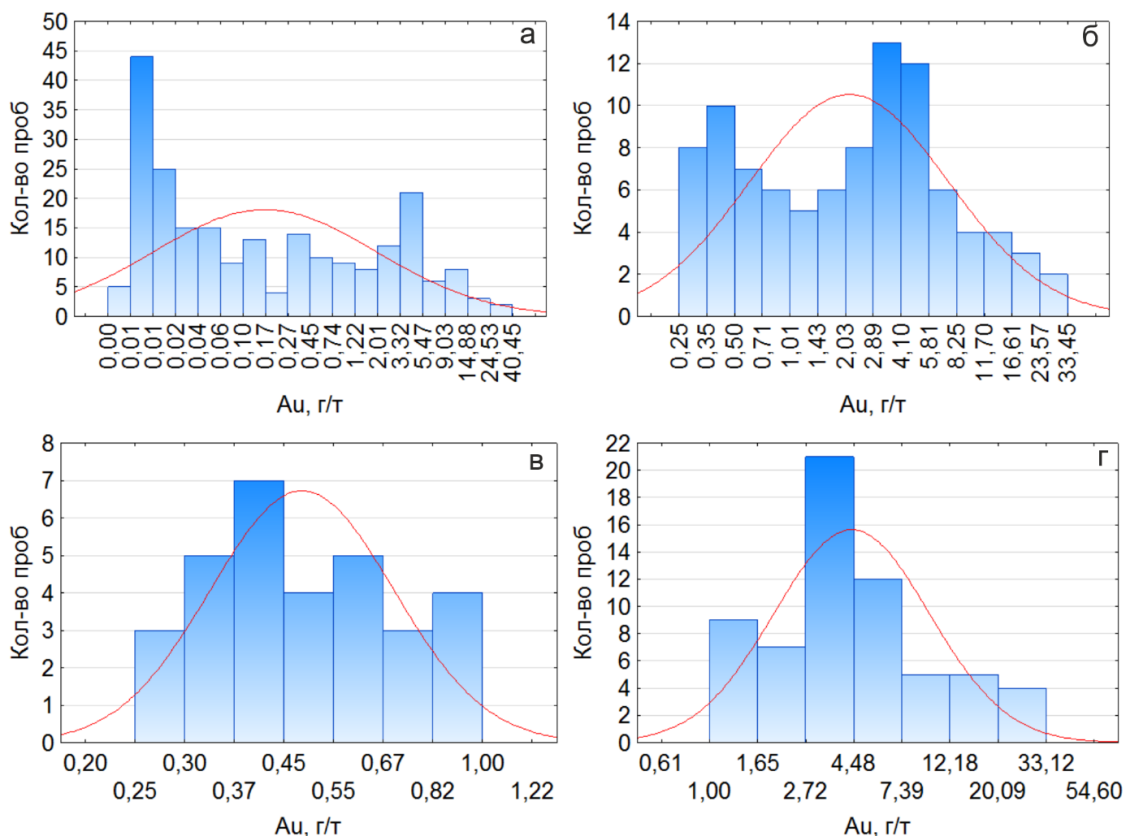


Рис. 1. Гистограммы распределения частот концентраций Au: а – в исходном массиве, б – выше природного борта, в – выборка 1, г – выборка 2.

Таблица. Матрицы парных корреляций

Выборка 1. Au 0.25-1.00 г/т					
	Au	Ag	Cu	Pb	S
Au	1.00	0.44	0.25	0.25	-0.02
Ag	0.44	1.00	0.33	0.71	-0.40
Cu	0.25	0.33	1.00	0.68	0.05
Pb	0.25	0.71	0.68	1.00	-0.14
S	-0.02	-0.40	0.05	-0.14	1.00
Выборка 2. Au 1.00-33.12 г/т					
	Au	Ag	Cu	Pb	S
Au	1.00	0.88	0.73	0.74	0.57
Ag	0.88	1.00	0.76	0.84	0.63
Cu	0.73	0.76	1.00	0.89	0.60
Pb	0.74	0.84	0.89	1.00	0.55

Интерпретация результатов

Обособление рудной ассоциации соответствует геохимической специализации золото-гессит-сульфиднополиметаллического минерального комплекса руд восточного фланга. При дальнейшем анализе имеет смысл рассмотреть возможность включения в ассоциацию Zn, Cd, Te. Общее первоначальное происхождение Au выборок 1 и 2 подтверждается статистически неразличимыми средними значениями Au/Ag

отношения (рис. 2а), появление дополнительной закономерности распределения для выборки 1 проявляется в увеличении разброса этого показателя (рис. 2б).

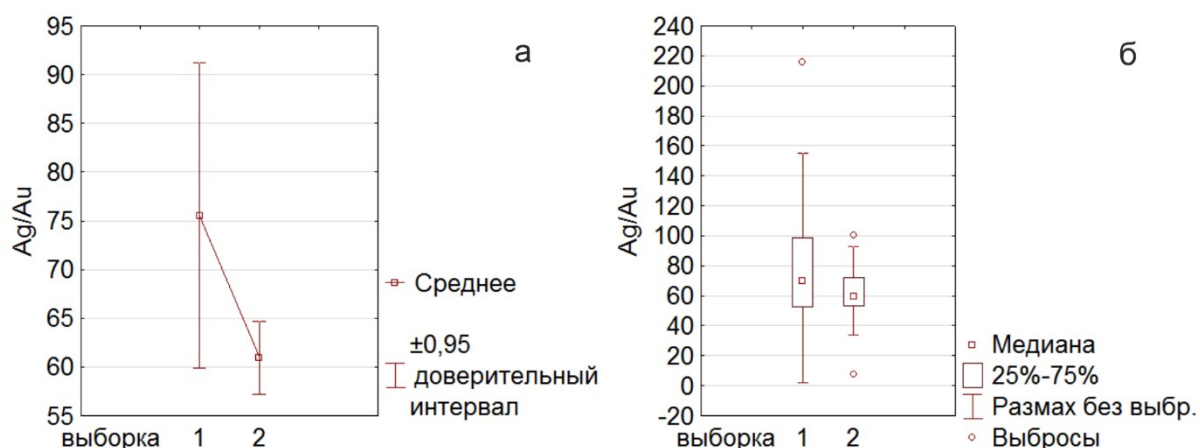


Рис. 2. Сравнение Au/Ag показателя выборок: а – график средних, б – диаграмма размаха.

В выборке 1, по сравнению с выборкой 2, наблюдается существенное снижение коэффициента корреляции между концентрациями рудных элементов и серы, также ослабевают корреляционные связи внутри рудной группы. Эта тенденция может быть интерпретирована как возникновение нового агента влияния на распределение элементов при переходе от первоначальной сульфидной ко вторичным минеральным формам в результате выветривания. Такая интерпретация подтверждается минералогическими наблюдениями: первоначально находящееся в сростаниях с сульфидами самородное золото при замещении сульфидов карбонатами и гидроксидами зачастую склонно выкрашиваться из образовавшихся хрупких тонкозернистых агрегатов, в частности, в ходе пробоподготовки, в результате чего в аншлифах, богатых по результатам опробования руд, можно наблюдать лишь редкие зерна самородного золота в участках с наиболее сохранившимся сульфидным матриксом.

Подобный процесс механического переноса характерен для выветрелых руд и в природе, причем появление агента переноса в данном случае не обязательно сопровождается наличием условий для концентрации, поэтому наблюдаемая нами выборка 1 находится в низком, не характерном для первичных руд, диапазоне содержаний Au.

Заключение

В исходном массиве выделены две популяции концентраций Au выше природного борта. Дифференциация распределения интерпретирована как результат влияния процессов выветривания. Рудопроявления Оссорского рудного района зачастую характеризуются сложным рельефом и высокой степенью обнаженности, в связи с чем при подсчете запасов и локализации геологических границ рудного тела часто используются результаты поверхностного опробования. В целях повышения эффективности таких расчетов и построений имеет смысл учитывать степень влияния процессов выветривания на распределение концентраций Au в конкретных группах проб, опираясь на наиболее чувствительный к этим процессам коэффициент корреляции Au/S.

Список литературы

1. Козлов А.П. Отчет о результатах поисковых работ, проведенных в пределах Тутхливаямского рудного поля в 1988-1991 гг. Эруваямским отрядом (в 2-х книгах). Кн. 1. Петропавловск-Камчатский. Министерство геологии СССР. ПГО «Камчатгеология». Камчатская поисково-съёмочная экспедиция. 1991 г. 216 с.