

УДК 553.41:553.21/.24

СКРЫТАЯ МИНЕРАЛЬНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ НИЗКОСУЛЬФИДНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (МЕСТОРОЖДЕНИЕ МНОГОВЕРШИННОЕ, НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)

© 2010 г. И. И. Фатьянов, В. Г. Хомич, Н. Г. Борискина

Представлено академиком Д.В. Рундквистом 29.03.2010 г.

Поступило 01.04.2010 г.

Выявление минерально-геохимической зональности низкосульфидного Au–Ag-оруденения относится к разряду сложных и трудоемких задач рудной геологии, без решения которых затруднены построение непротиворечивых моделей формирования месторождений, а также оптимизация поисково-разведочных работ и производственной деятельности. Зональное размещение минерализации обычно выявляется на месторождениях, содержащих заметные количества рудных минералов и при этом вскрытых на значительном интервале глубин. На убого- и малосульфидных объектах, к которым относят многие золото-серебряные месторождения, структурированное размещение рудной минерализации, если такое имеет место, часто приобретает характер скрытой зональности. Ее изучение с помощью только минералогического картирования неэффективно. Об этом свидетельствуют и фундаментальные материалы, подготовленные в США на рубеже веков, в которых приводятся сведения лишь о зональном размещении жильных минералов на низкосульфидных эпитеpmальных месторождениях золота и серебра [9–11]. В этой связи исследование распределения продуктивной рудной минерализации на месторождении Многовершинное, одном из крупнейших золото-серебряных объектов на Дальнем Востоке России, является пионерным. Тем более что такое исследование осуществлено нетрадиционным способом — интегрированием результатов минералогических исследований и разведочного опробования.

Месторождение Многовершинное приурочено к дат-палеоценовому вулканоплутоническому сооружению (ВПС), принадлежащему Усть-Амурской вулканической зоне. Магматиты сооружения представлены двумя породными ассоциациями: ранней (андезит-гранодиоритовой нормальной щелочности) и поздней (монцогранодиорит-гра-

нитовой субщелочной) [6]. С андезит-гранодиоритовой ассоциацией сопряжено формирование золото-серебряного оруденения, в наиболее концентрированном виде проявившегося в пределах крупной (10–15 × 25–30 км) вулканоструктуры. Эффузивно-пирокластические образования преимущественно среднего состава выполняют здесь локальную депрессию, примыкающую к северо-западному контакту Бекчиулского гранитоидного плутона.

Золото-серебряная минерализация сосредоточена в протяженных (до 10 км) и мощных (до 100 м) жильно-метасоматических зонах, прослеженных в породах вулканической постройки и ее верхнеюрско-раннемелового терригенного фундамента на глубину до 600 м. Зоны приурочены к крутопадающим северо-восточным разрывным нарушениям, унаследованным от складчатых деформаций довулканоогенного основания. Системой таких нарушений обусловлено ступенчато-блоковое строение рудного поля с воздыманием блоков по мере приближения к Бекчиулскому гранитоидному плутону (рис. 1). Уровень эрозионного среза жильно-метасоматических зон в этой связи весьма различен. Наиболее эродирована приближенная к плутону зона Водораздельная. Сильной и умеренной эрозии подверглась зона Главная. Умеренно и слабо эродирована зона Промежуточная. Самая удаленная от плутона зона Медвежья практически не вскрыта эрозией и на поверхности фиксируется по ореолу надрудных изменений.

Северо-западными разломами жильно-метасоматические зоны расчленены на ряд звеньев, имеющих статус рудных тел. Эрозионный срез последних также различен. Самыми погруженными и потому наименее эродированными являются центральные звенья жильно-метасоматических зон, а их фланги более приподняты и эродированы значительно сильнее (рис. 1).

Жильно-метасоматические зоны представляют собой мощные плитообразные крутопадающие тела. В их строении участвует ряд структур-

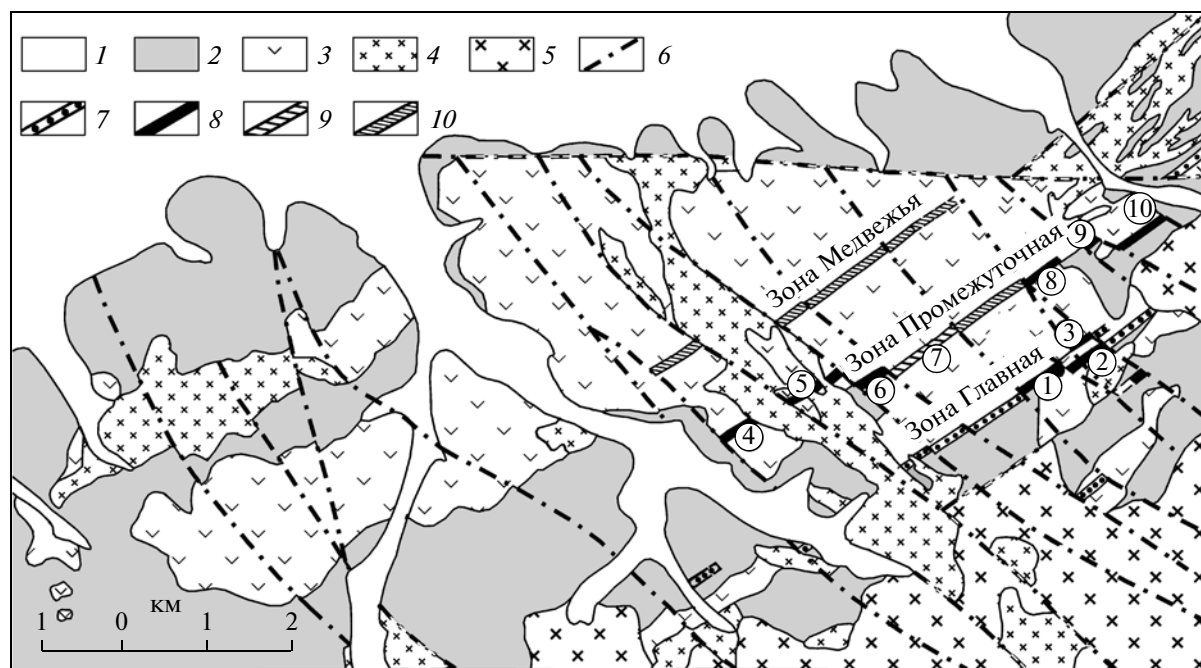


Рис. 1. Геолого-структурная карта рудного поля Многовершинного (составлена по материалам геологоразведочных работ).

1 — современные осадки; 2 — юрско-меловые терригенные песчаниково-алевролитовые отложения; 3–5 — дат-палеоценовый комплекс Бекчиулского вулканоплутонического сооружения: 3 — покровные, прижерловые, жерловые и субвулканические фации Улской андезитоидной постройки, 4 — субинтрузивные фации (преимущественно гранодиорит-порфиры), 5 — интрузивные фации (преимущественно гранодиориты и граниты); 6 — тектонические нарушения; 7–10 — звенья оруденелых жильно-метасоматических зон: 7 — сильно эродированные, 8 — умеренно эродированные, 9 — слабо эродированные, 10 — не вскрытые эрозией (ореолы надрудных изменений).

Цифрами в кружках обозначены рудные тела: 1 — Центральное, 2 — Верхнее, 3 — Олень, 4 — Промежуточное, 5 — Южное, 6 — Фланговое, 7 — Северное, 8 — Глубокое, 9 — Тихое, 10 — Валунистое.

но-вещественных ассоциаций, однако доминирующими (формирующими их кварцевые ядра) являются серицит-кварцевые метасоматиты и кварцевожильные тела выполнения. Образование зон связано с деятельностью Бекчиулской флюидно-магматической системы. На этапе кислотного выщелачивания вдоль северо-восточных тектонически ослабленных структур шло формирование метасоматической колонки значительной мощности с существенно кварцевой тыловой частью [5]. С переходом рудолокализирующих структур в режим устойчивого поперечного растяжения связаны поступление в дренажную систему кремнезема и залечивание кварцем разрывных нарушений. Другие структурно-вещественные ассоциации (флюидно-эксплозивные брекчии, ореолы прожилковой перекристаллизации кварцевого субстрата, до- и послескарновые карбонатные тела, скарноподобные метасоматиты) в строении зон играют подчиненную роль [7].

Золото-серебряное оруденение приурочено к ядрам жильно-метасоматических зон, имеющих кварцевый, участками адуляр-кварцевый состав с примесью серицита, хлорита, карбонатов. Из рудных минералов преобладают сульфиды, со-

держание которых колеблется в пределах 0.5–3% объема жильной массы. В целом руды месторождения оцениваются как низкосульфидные с вариациями от убого- до малосульфидных. Рудные минералы обычно присутствуют в виде тонкой и мелкой рассеянной вкрапленности, иногда они образуют прожилковидные или гнездообразные выделения. Среди сульфидов обычны пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, спорадически встречаются пирротин и арсенопирит. В подчиненных по отношению к сульфидам количествах присутствуют сульфосоли (блеклая руда, пирсцит-полибазит), теллуриды (гессит, петцит), самородное золото. Весьма редки теллуроселенит, алтаит, шеелит, а также селениды — науманнит, теллуроселениды серебра, галенит-клаусталит [1, 2, 4]. В наложенных на руды скарноподобных метасоматитах отмечают скопления магнетита и гематита.

Золото-серебряная минерализация определяет геохимическую специфику и экономическое значение оруденения. Золото в рудах находится в самородном виде и в составе теллуридов, главным образом петцита. Серебро содержится в самородном золоте (его пробы 650–935‰), присутствует в

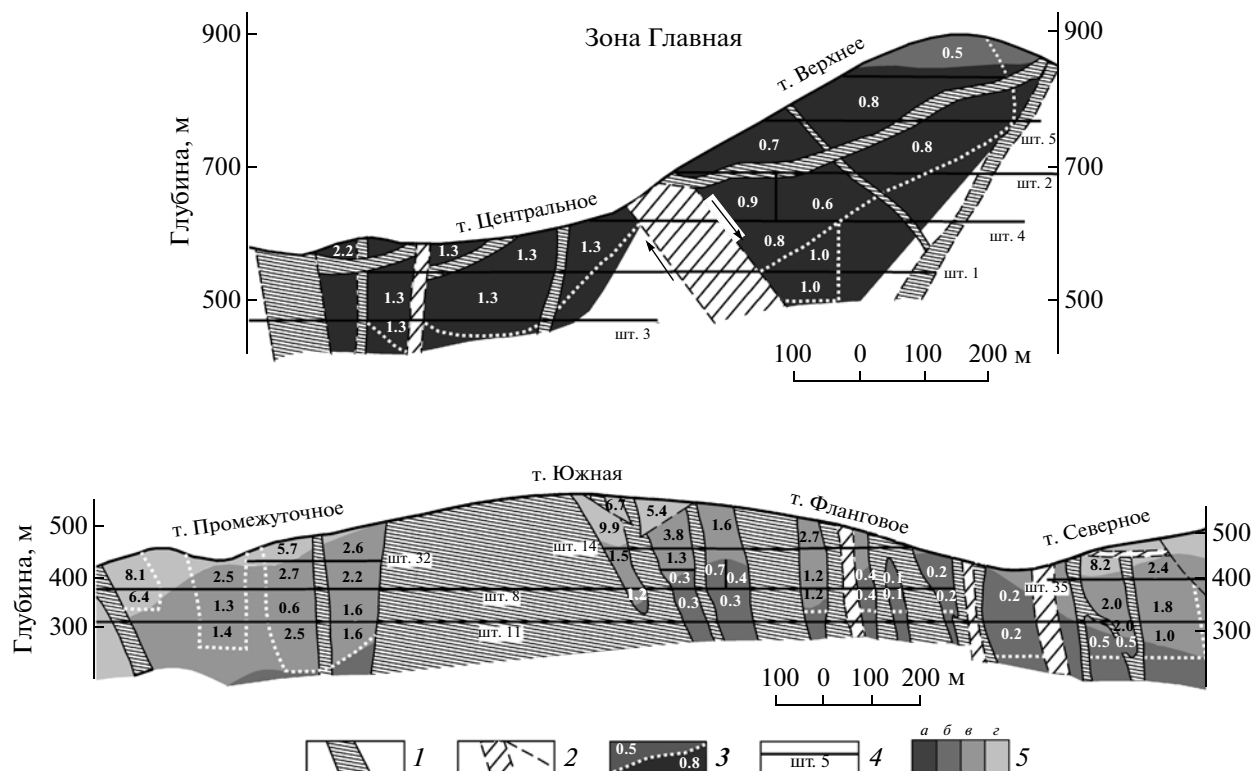


Рис. 2. Зональное размещение золото-серебряной минерализации на вертикальных проекциях разведанных жильно-метасоматических зон месторождения Многовершинного.

1 – дайки пестрого состава; 2 – разломы и плоскости разрывов; 3 – контуры разведочных блоков с промышленным содержанием золота (цифрами показана доля серебра в золото-серебряном отношении); 4 – штольневые горизонты; 5а–5г – минеральные типы руд: а – золото-сульфосолюно-сульфидный ($\text{Au} : \text{Ag} = 1 : 0.5\text{--}1 : 2.2$), б – золото-сульфидный ($\text{Au} : \text{Ag} = 1 : 0.5$ и выше), в – золото-теллуридно-сульфидный ($\text{Au} : \text{Ag} = 1 : 0.5\text{--}1 : 3$), г – теллуридно-сульфидный ($\text{Au} : \text{Ag} = 1 : 3\text{--}1 : 10$).

блеклых рудах ($\text{Ag} 1.5\text{--}15\%$), пирсците-полибазите ($\text{Ag} 64\text{--}72\%$) и теллуридах, в основном в гессите (Ag_2Te) и петците (AuAg_3Te_2). Содержат Ag и сульфиды (иногда до нескольких сотен грамм на 1 т сульфидов, но чаще в значительно меньших количествах).

Золото-серебряное отношение в целом для месторождения, рассчитанное по разведанным запасам металлов, составляет $1 : 1.7$. Для зоны Главной, подвергшейся сильной эрозии, оно равно $1 : 1$, для менее эродированной Промежуточной – $1 : 2$. По рудным телам отношение Au к Ag меняется в более широком диапазоне: от $1 : 0.2$ (тело Оленье) до $1 : 13.6$ (тело Глубокое) [3].

Руды месторождения Многовершинного подразделены на четыре минерально-геохимических типа. Типизация оруденения выполнена с применением интегрального анализа данных по минералогии и разведочному опробованию жильно-метасоматических зон [8]. Экономически значимы на месторождении руды следующих типов: золото-сульфидный (с отношением $\text{Au} : \text{Ag}$, равным не менее $1 : 0.5$), золото-теллуридно-сульфидный ($1 : 0.5\text{--}1 : 3$), теллуридно-сульфидный ($1 : 3\text{--}1 : 10$)

и золото-сульфосолюно-сульфидный ($1 : 0.5\text{--}1 : 13.6$). Обозначение выделенных типов руд основано на преобладающем развитии минеральных форм, имеющих в своем составе Au и Ag . Учет сульфидов обусловлен их постоянным присутствием в жильно-метасоматических зонах, однако влияние сульфидной составляющей на показатель золото-серебряного отношения в рудах незначительно из-за их низкой сульфидности.

Минерально-геохимические показатели руд в соответствии с их привязкой к разведочным блокам вынесены на вертикальные проекции жильно-метасоматических зон Главной и Промежуточной (рис. 2). Анализ проекций показывает, что размещение золото-серебряной минерализации в зонах структурировано и подчиняется определенным закономерностям.

На нижних горизонтах значительно эродированной зоны Главной (тело Центральное и низы тела Верхнего) развиты золото-сульфосолюно-сульфидные руды. Количество сульфосолей в этой зоне постепенно убывает вверх по восставанию, и на верхнем горизонте тела Верхнего они уже практически отсутствуют, что отчетливо фикс-

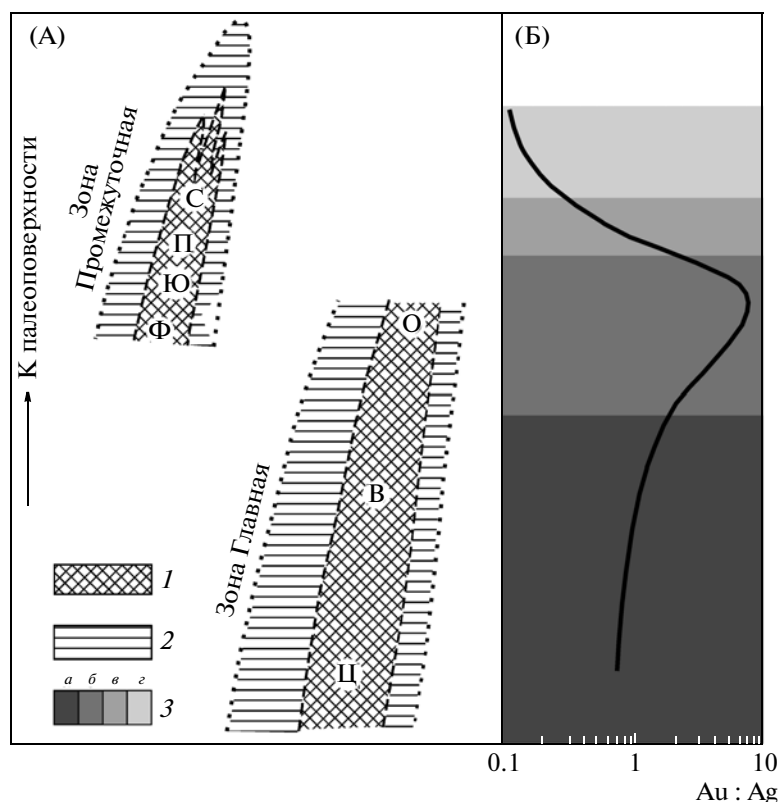


Рис. 3. Генерализованная схема размещения руд различных минеральных типов (скрытой вертикальной зональности) на месторождении Многовершинном (А) и изменение золото-серебряного отношения в вертикальном разрезе единой жильно-метасоматической колонны (Б).

1–2 – схематическое строение жильно-метасоматических зон: 1 – кварцевое ядро, 2 – “чехол” из гидротермально-измененных пород; 3 – минеральные типы руд (условные обозначения см. на рис. 2). Буквами обозначены рудные тела: С – Северное, П – Промежуточное, Ю – Южное, Ф – Фланговое, О – Олень, В – Верхнее, Ц – Центральное.

сируется уменьшением доли серебра в золото-серебряном отношении с 2.2 до 0.5. Самая же верхняя часть зоны Главной, представленная телом Оленьим, уже целиком сложена золото-сульфидными рудами.

В зоне Промежуточной, эродированной значительно слабее Главной, выявляется более полная картина зональности золото-серебряного оруденения. Северо-восточный фланг зоны, приподнятый к гранитоидному массиву, наиболее промышленное оруденение здесь слабо развито и представлено только золото-сульфосольно-сульфидным типом руд. Юго-западный фланг зоны эродирован умеренно, и здесь распределение руд различных минеральных типов выглядит следующим образом: золото-сульфидные руды, развитые на нижних горизонтах фланга (тела Промежуточное, Южное, Фланговое), вверх по восстанию сменяются золото-теллуридно-сульфидными, а те, по мере сокращения в них доли выделений самородного золота, постепенно переходят в теллуридно-сульфидные, слагающие верхи промышленного оруденения (рис. 2). Центральное звено

зоны эродировано слабо (тело Северное). Здесь распространены золото-теллуридно-сульфидные руды, вверх по восстанию переходящие в теллуридно-сульфидные.

Таким образом, в жильно-метасоматических зонах месторождения выявлена зональность в размещении благороднометальной минерализации. Наиболее глубокие уровни промышленного оруденения представлены золото-сульфосольно-сульфидными рудами, вверх по восстанию зон они сменяются золото-сульфидными, а те, в свою очередь, – золото-теллуридно-сульфидными и, наконец, последние – теллуридно-сульфидными (рис. 3). Такое распределение рудной минерализации, фиксирующееся и в вертикальной плоскости зон, и по их простираанию (вследствие разной степени эродированности), отвечает фациальной зональности в ее классическом варианте. Она относится к разряду скрытой, поскольку традиционными методами не устанавливается. Формирование подобной зональности могло произойти только в условиях стабильно действовавшей гидротермальной системы в течение достаточно длительного промежутка времени.

Результаты исследования скрытой зональности золото-серебряной минерализации в жильно-метасоматических зонах месторождения могут быть использованы как для перспективной оценки вновь открываемых рудных тел, так и для подбора оптимальной технологии извлечения благородных металлов.

Работа выполнена при содействии Президиума РАН и ДВО РАН (проект 09-1-П14-06).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаченко В.Т., Фатьянов И.И. В кн.: Новые и редкие минералы Дальнего Востока. Владивосток, 1987. С. 89–90.
2. Фатьянов И.И., Сапин В.И. В кн.: Новые и редкие минералы Дальнего Востока. Владивосток, 1987. С. 84–86.
3. Фатьянов И.И. В кн.: Глубинность распространения и элементы зональности эндогенной минерализации Дальнего Востока. Владивосток, 1987. С. 21–35.
4. Фатьянов И.И., Сапин В.И. // Геология руд. месторождений. 1988. Т. 20. № 6. С. 110–114.
5. Фатьянов И.И., Хомич В.Г. В кн.: Геологические условия локализации эндогенного оруденения. Владивосток, 1989. С. 86–100.
6. Фатьянов И.И., Хомич В.Г. // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16. № 1. С. 32–44.
7. Фатьянов И.И., Хомич В.Г. В кн.: Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2001. В. 2. С. 322–331.
8. Фатьянов И.И., Хомич В.Г., Борискина Н.Г. // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2007. № 304. С. 211–217.
9. Cooke D.R., Simmons S.F. // SEG Revs. 2000. V. 13. P. 221–244.
10. Hedenquist J.W., Arribas A.R., Gonzalez-Urien E. // SEG Revs. 2000. V. 13. P. 245–277.
11. Simmons S.F., White N.C., John D.A. // SEG Revs. 100th Anniversary Vol. P. 485–522.