

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.90.12.029>

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ХАКАНДЖА, МНОГОВЕРШИННОЕ И БЕЛАЯ ГОРА (РОССИЯ)

Научная статья

Остапенко Н.С.^{1,*}, Нерода О.Н.²

¹ ORCID: 0000-0001-9301-3684;

² ORCID: 0000-0002-1265-9203;

^{1,2} Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия

* Корреспондирующий автор (ostapenko_ns[at]mail.ru)

Аннотация

Анализ материалов, собранных авторами статьи по месторождениям Хаканджа и Многовершинное, а также опубликованных предшественниками по этим же месторождениям и месторождению Белая Гора, позволил уточнить их генез. Общими чертами генезиса этих месторождений являются: 1) генетическая связь с магматическими очагами и с вулканическими процессами; 2) формирование золоторудной минерализации происходило на завершающих этапах вулканизма в пространственной и временной связи с формированием субвулканических и экструзивных тел; 3) локализация месторождений и рудных тел в наиболее тектонически нарушенных в предрудное время блоках пород под экранами слабопроницаемых пород верхних вулканических покровов; 4) формирование минерализации совершалось глубинными магматогенными флюидами в проницаемых магмо- и флюидопроводниках, непосредственно в тепловых полях субвулканических и экструзивных тел в динамичном тектоническом режиме.

Отличительные особенности их формирования: месторождение Белая Гора сформировалось вслед за образованием экструзии, явившейся экраном для поступающих глубинных флюидов, а также генератором дополнительной тепловой энергии для увеличения давления флюида, способствовавшего образованию гидроразрывов во вмещающих породах, эксплозивному брекчированию некка и межпластовой минерализации на участке Пологий, под экраном покровных пород. Месторождение Хаканджа сформировалось вблизи некка палеовулкана в пологой зоне межформационного тектонического срыва вулканических толщ. Месторождение Многовершинное формировалось в крутозалегающих экранированных магмо- и флюидопроводниках в процессе накопления и конвекции флюидов в тепловых полях субвулканических тел.

Ключевые слова золоторудные месторождения, особенности формирования.

SOME FEATURES OF GOLD DEPOSITS FORMATION OF KHAKANJA, MNOGOVERSHINNOYE AND BELAYA GORA (RUSSIA)

Research article

Ostapenko N.S.^{1,*}, Neroda O.N.²

¹ ORCID: 0000-0001-9301-3684;

² ORCID: 0000-0002-1265-9203;

^{1,2} Institute of Geology and Nature Management, FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia

* Corresponding author (ostapenko_ns[at]mail.ru)

Abstract

The analysis of the materials collected by the authors of this paper on the Khakanja and Mnogovershinnoye deposits, as well as those published by predecessors on the same deposits and the Belaya Gora deposit, made it possible to clarify their genesis. The common features of the genesis of these deposits are as follows: 1) a genetic connection with magma pockets and with volcanic processes; 2) the formation of gold ore mineralization took place at the final stages of volcanism in spatial and temporal connection with the formation of subvolcanic and extrusive bodies; 3) the localization of deposits and ore bodies in the most tectonically disturbed rock blocks under the screens of poorly permeable rocks of the upper volcanic cover; 4) the formation of mineralization was carried out by deep magmatogenic fluids in permeable magma and fluid conductors, directly in the thermal fields of subvolcanic and extrusive bodies in a dynamic tectonic regime.

Distinctive features of their formation are as follows: the Belaya Gora deposit was formed following the extrusion formation, which was a screen for incoming deep fluids, as well as an additional heat energy generator to increase fluid pressure, which contributed to the formation of hydraulic fractures in the host rocks, explosive necca brecciation and interstratal mineralization at the Pologii site, under the cover rock screen. The Khakanja deposit was formed near the paleovolcano necca in a shallow zone of the interformational tectonic breakdown of volcanic strata. The Mnogovershinnoye deposit was formed in steeply shielded magma and fluid conductors during the accumulation and convection of fluids in the thermal fields of subvolcanic bodies.

Keywords: gold deposits, formation features.

Введение

Еще в 20-х годах XX века В. Линдгрэн [1] отнес многочисленные золоторудные месторождения вулканических поясов и комплексов к малоглубинным эпитермальным. С тех пор многие поколения геологов считают, что такие месторождения формировались в парагенетической связи с вулканиками, некками и субвулканическими интрузиями. Это не вызывает серьезных возражений у многих исследователей [2], [3], [4], в том числе и у авторов этой статьи. Однако совместный анализ собранных нами оригинальных геологических материалов по золоторудным месторождениям Востока России – Хаканджа, Многовершинное и опубликованных материалов другими

исследователями по этим месторождениям и месторождению Белая Гора, позволяет уточнить роль структурных элементов, вулканических покровов, субвулканических тел и экструзий в рудоформировании. На этом основании нами обосновывается более тесная, нежели парагенетическая, связь минерализации с субвулканическими интрузиями и экструзиями. Покажем рудоформирующую роль таких интрузий на примере трех вышеупомянутых месторождений, условия локализации которых значительно различаются.

Хаканджинское месторождение расположено вблизи города Охотск, в южном секторе Охотско-Чукотского вулканического пояса, непосредственно в южной части входящей в него Селемджинской вулcano-тектонической депрессии. Ее фундамент сложен дислоцированной толщей алевро-аргиллитов триаса. По [4], [5], [6] Хаканджинское месторождение приурочено к осевой части депрессии, где совмещается с унаследованным линейно-купольным поднятием. Оно контролируется пересечением разнонаправленных разломов. Поднятие сложено позднемиоценовыми покровными флюидальными и сферолитовыми риолитами, дацитами, их туфами и игнимбритами, а также экструзивными и субвулканическими образованиями (рис. 1). В ядерной части купола поднятия обнажена подстилающая кислые вулканы толща нижнемеловых андезитов и их туфов.

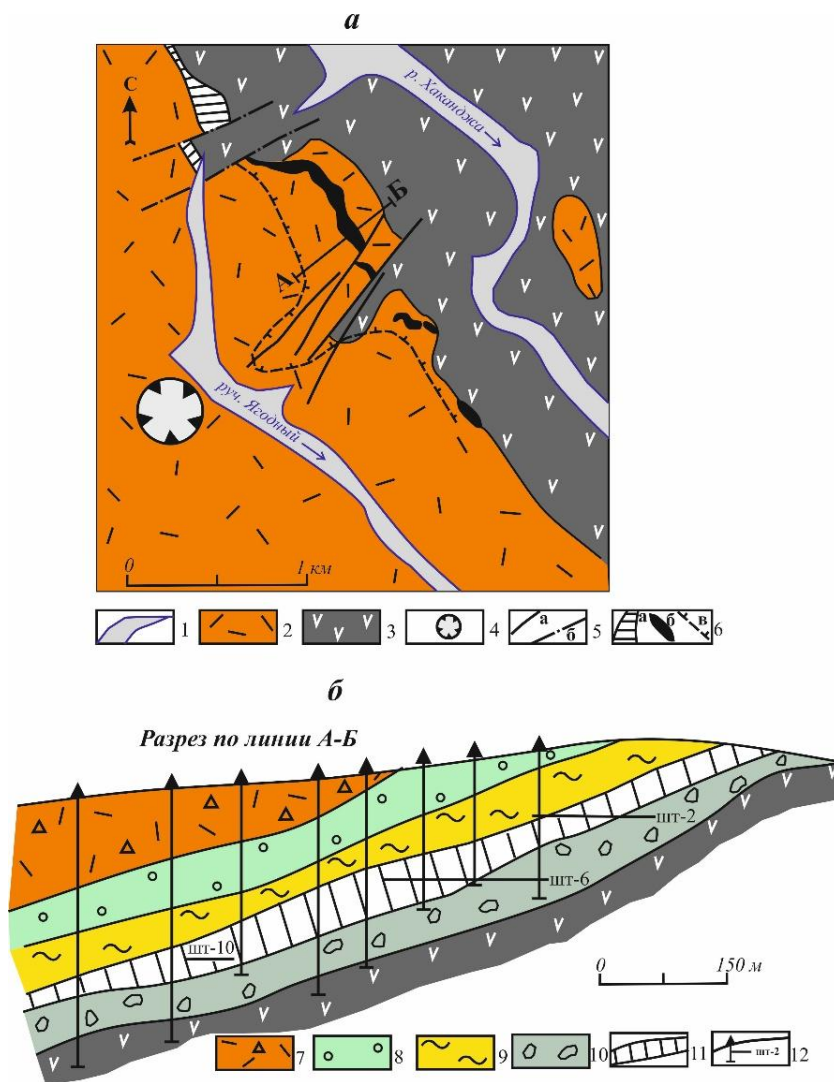


Рис. 1 – Схема геологического строения месторождения Хаканджа, Приохотье (по В.Г. Невструеву и Л.В. Эйришу [6] с дополнениями авторов): а – план, б – разрез:

1 – аллювий водотоков; 2 – покровные (амкинская свита) и субвулканические риодациты и дациты K_2 ; 3 – андезиты и туфы ульбериканской свиты, K_1 ; 4 – жерло палеовулкана; 5 – дайки андезитов и граносиенит-порфиров K_2 (а) и тектонические нарушения (б); 6 – рудные зоны: штокверки (а), кварцевые жилы и зоны (б), проекция нижней границы промышленных руд (в). На разрезе: 7 – туфы дацитов и риолитов; 8 – сферолитовые риолиты; 9 – флюидальные риолиты; 10 – агломератовые туфы дацитов; 11 – жильно-прожилковая рудная зона; 12 – разведочные скважины и штольни

В толще кислых пород присутствуют силлы латитов и многочисленные дайки гранит-порфиров, гранодиоритов и палеогеновые дайки базальтов и андезитов. По периметру Селемджинской вулcano-тектонической структуры размещается несколько гранитоидных массивов.

Рудоносная минерализация сосредоточена в простирающейся на несколько километров в северо-западном направлении пологой зоне брекчированных, окварцованных и адуляризованных риолитов с кварцевыми жилами и прожилками общей мощностью 7–52 м, погружающейся на ЮЗ под углами 15° – 30° . Эта структура представляет собой предрудный межформационный тектонический срыв контактовой зоны толщ риодацитов и андезитов. Продуктивная часть зоны расположена вблизи некка палеовулкана. Её протяженность по латерали более 1 км, а по падению около

300–600 м. Она экранируется малопроницаемыми флюидальными и сферолитовыми риолитами. Рудные тела в этой зоне выделяются по результатам опробования. Их обычная мощность 4–6 м, они располагаются параллельно и кулисно. Контур промышленных руд имеет [4] веерообразную форму или форму треугольника с вершиной в сторону нека палеовулкана (рис. 1, план). Здесь наиболее нарушенный участок зоны (максимальное количество поперечных нарушений и даек).

На месторождении преобладают сетчатые, брекчиевые и линейно-полосчатые текстуры руд. Неокатанные обломки пород в рудах, а также околорудные породы, обычно окварцованы и преобразованы в гидрослюдисто-адуляр-кварцевые метасоматиты. Цементирующий их кварц и кварц секущих прожилков относятся нескольким генерациям. Жильное выполнение имеет массивное сложение, тонкозернистую структуру, молочно-белый или серый цвет, а местами колломорфно-полосчатое строение с коккардовой и крустификационной текстурами. С кварцем ассоциирует адуляр. Сульфидов в рудах обычно около 0,5%. На глубоких горизонтах рудоносной зоны их количество увеличивается до 3%. Основные рудные минералы – золото, аргентит, электрум, полибазит, галенит, сфалерит, халькопирит, гематит, самородное серебро. Нерудные – кварц, адуляр, родонит, кальцит, манганкальцит.

Золото приурочено к интерстициям в агрегатах кварца, контактам зерен кварца и адуляра, а также кварца и обломков пород. Проба золота в ранних родонит-родохрозитовых рудах 609–774‰, составляет, в среднем, 627, а средняя по месторождению 536–544‰. Отношение в рудах Au:Ag = 1:20–110, наиболее низкое его значение характерно для верхних горизонтов месторождения.

В рудах всегда калий многократно преобладает над натрием (K_2O – 2,4-4%, Na_2O – 0,01-0,13). Обычное содержание золота в рудах менее 10-20 г/т, в богатых – до 50-100 г/т, а серебра соответственно 350–600 г/т и до 1–5 кг/т. Последние характерны для рудных столбов на средних и верхних горизонтах месторождения. С глубиной в рудных телах снижается проба золота, уменьшаются количества аргентита, галенита, повышаются количества арсенопирита (до 3%), полибазита, сфалерита, сульфосолей серебра и сидерита. Кроме золота и серебра в продуктивную стадию накапливались Pb, Zn, Mn, Cu, As, иногда Sb, W.

Крупное по запасам Многовершинное месторождение находится на территории Хабаровского края, в северной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса вблизи побережья Охотского моря. По [8, С. 242–249], [9, С. 125–135], оно размещается на территории широтно-ориентированного Улского тектоно-магматического грабена, осложняющего краевую часть Бекчи-Улского тектоно-магматического поднятия (рис. 2). Грабен сложен алевро-аргиллитовыми отложениями J_3 – K_1 . Перекрывающие их вулканические покровные отложения представлены толщей андезитов K_2 – Pg_1 . Прорывающий осадочные и вулканические отложения гранитоидный плутон палеогенового возраста, по данным различных исследователей, сформирован в несколько фаз. Рудоносные зоны с промышленными рудными телами размещаются в вулканогенных отложениях севернее плутона на различных от него расстояниях. И те, и другие приурочены к разломным зонам северо-восточного простирания, имеющим крутое падение на северо-запад. Вулканиды и подстилающие их осадочные породы в тектонических зонах передроблены и метасоматизированы. Особенно интенсивно разновозрастный метасоматоз проявился в толще вулканидов. Отчетливо выделяется ранняя пропилитизация андезитов, охватившая всю территорию рудного поля.

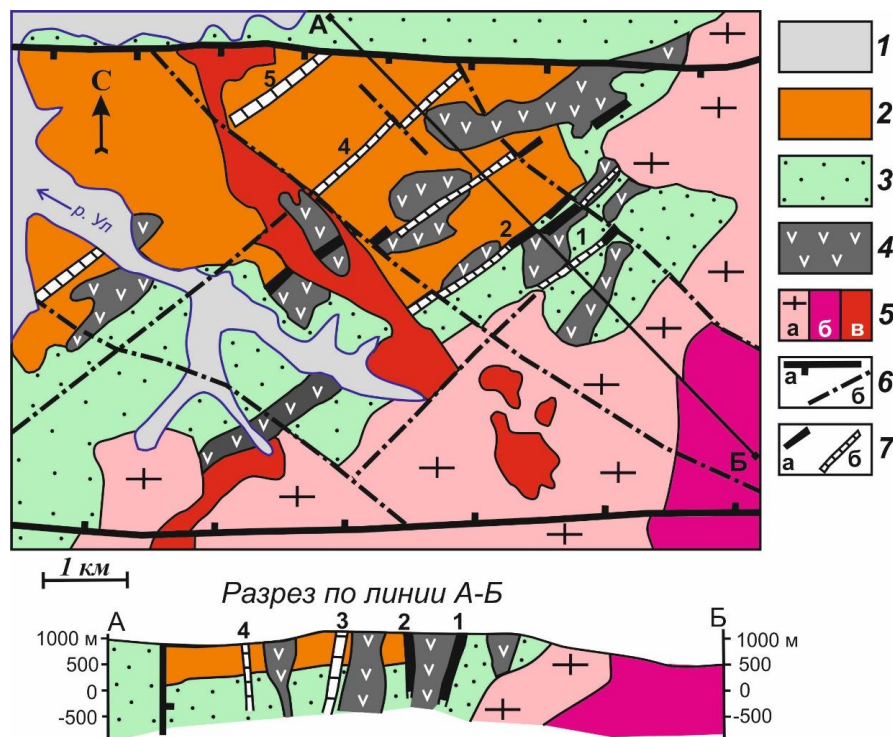


Рис. 2 – Геолого-структурная схема восточной части Многовершинного рудного поля (по Э.П. Хохлову, С.Н. Косову, из [8, С. 245]:

1 – аллювий; 2 – покровные андезиты (P_1); 3 – осадочные породы фундамента (J_3 – K_1); 4 – жерловые и субвулканические тела андезитов (P_1); 5 – интрузивные породы (P_2) Бекчи-Улского плутона (P_2): гранодиориты (а), лейкократовые граниты (б), гранодиорит-порфиры (в); 6 – разломы; 7 – рудные тела (а) и рудоносные зоны (б)

Метасоматиты кислотного выщелачивания более позднего этапа имеют кварц-серицитовый и кварц-адюляр-серицитовый состав. Последние сосредоточены в осевых частях рудоносных тектонических зон и вмещают невыдержанные кварцевые жилы, прожилки и прожилковые зоны, обычно с небольшими количествами рудных минералов: пирита, арсенопирита, пирротина, сфалерита, галенита, блеклых руд, самородного золота, реже – аргентита, фрейбергита, пираргирита, алаита, петцита и др.. Проба самородного золота варьирует в пределах 750–850‰. Оно встречается в сростаниях с сульфидами и кварцем. Золото-серебряное отношение в рудах варьирует от 10 : 1 до 1 : 20, в среднем, составляет 1 : 1. Это результат многостадийности формирования месторождения и неравномерной совмещенности их продуктов. Исследователями отмечены некоторые элементы общей зональности минерализации: – с глубиной увеличивается количество сульфидов. На примере малоэродированного рудного тела Верхнее установлено усложнение строения по восстанию: ветвление, появление апофиз с висячего бока. Снизу-вверх растет мощность околорудных метасоматитов от 1–4 до 7–15 м; в верхней части рудного тела Верхнее увеличивается количество серебросодержащих минералов.

Непосредственно в узкой полосе вблизи контакта гранитоидного батолита в рудных телах отмечается возрастание пробности золота до 900–950 ‰, что связывается [8] с контактовым метаморфизмом. В таких участках также присутствуют поздние кварц-карбонатные жилы с вкрапленностью полиметаллов, появление турманилизации и скарнирования пород без существенной золотоносности. Эта поздняя минерализация связывается с этапом реювинации под воздействием флюидов гранитоидного плутона.

На месторождении наблюдается пространственная сопряженность золотоносных зон с экструзивными и субвулканическими телами (рис. 2). Разломы северо-восточного направления являлись основными магмо- и флюидопроводниками. Тесная пространственная связь промышленных рудных тел в этих зонах с субвулканическими телами позволяет нам считать связь между ними более тесной нежели парагенетическая. Имеются наблюдения, свидетельствующие о наложении сульфидной вкрапленности и кварцевых прожилков на субвулканические тела. Высокая эродированность рудовмещающей вулканогенной толщи и значительные концентрации золота в рудных телах, отмеченное их расщепление и выклинивание к поверхности, позволяют предполагать их формирование под экранами ненарушенных или слабо нарушенных верхних покровов, под которыми были сформированы и субвулканические тела.

Месторождение Белая гора располагается несколько южнее Многовершинного. Рудное поле сложено эоценовой толщей базальтов и андезито-базальтов кузнецовской свиты и останцами покровов перекрывающей толщи туфов кислых пород колчанской свиты. Покровные образования прорваны эоценовыми экструзиями трахидацитов и трахитов. Описание месторождения приводится по [8, С. 249–253]. Золоторудное месторождение связано с расширяющимся к поверхности экструзивным телом трахидацитов размером 800–750 м (рис. 3). Вмещающие его породы брекчированы и метасоматизированы (пропилитизация, кварц-серицитовый метасоматоз, аргиллизация). К северо-западу от Белогорского некка известны единичные дайки эруптивных брекчий трахидацитов длиной 1-2 км и мощностью до 100–200 м. Месторождение значительно эродировано, покровные туфы кислого состава колчанской свиты сохранились от эрозии к востоку от некка и лишь отчасти севернее.

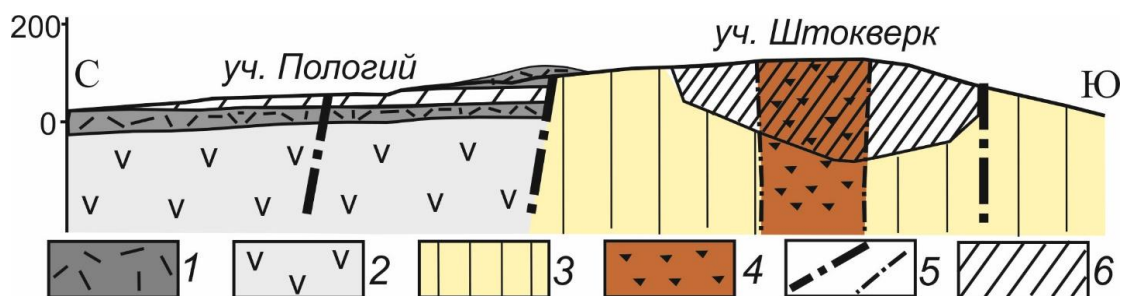


Рис. 3. Меридиональный геологический разрез месторождения Белая Гора (по данным Нижнеамурской горной компании, из [8, С. 251])

1 – эоценовые трахиты, трахидациты и их туфы колчанской свиты; 2 – эоценовые андезито-базальты кузнецовской свиты; 3 – олигоценая экструзия дацит-трахидацитового состава; 4 – олигоценые взрывные брекчии смешанного состава; 5 – тектонические нарушения; 6 – контуры рудных тел

Золотое оруденение локализуется в северо-западной части экструзии (участок Штокверк) и частично севернее, в вулканитах колчанской свиты (участок Пологий). Вмещающие месторождение вулканиты кислого состава гидротермально изменены во вторичные кварциты, вмещающие неравномерно распределенные прожилки кварца с золотом. Вкрапленность рудных минералов в рудах убогая. Средние содержания золота составляют 0,6–1,29 г/т. В рудных телах встречаются разрозненные обогащенные участки. Кварц в рудах обоих участков по текстурам разнообразен – брекчиевый, каркасный, полосчатый, шестоватый, сфероидальный.

На месторождении по данным поисково-оценочных работ выделено три типа рудных тел: 1) согласные с напластованиями покровных пород; 2) секущие толщи вулканитов; 3) сложной формы. Первый тип распространен на участке Пологий и включает основную долю промышленных руд месторождения. Мощность рудных тел составляет 0,5–15 м. Раздувы встречаются в местах пересечения с крутозалегающими нарушениями. Второй тип контролируется мелкими разрывами и представлен кварцевыми жилами выполнения мощностью до 25–25 см, зонами брекчий и прожилками кварца. Протяженность жил до нескольких десятков метров, залегание крутое.

Третий тип рудных тел более редок. Это обычно ветвящиеся по восстанию жилы, переходящие в штокверки. Руды прожилково-вкрапленные с невысокими равномерными содержаниями. Редко встречаются мелкие гнезда (10-15 см) с очень богатыми (до 1 кг/т) содержаниями золота.

На участке Штокверк распространены преимущественно второй и третий типы рудных тел – секущие и сложной формы обычно маломощные (до 10 см), невыдержанные. Содержания золота 10–20 г/т. Основную часть золота участка вмещают штокверковые тела по несколько десятков метров по мощности и простиранию. Они размещаются во взрывных брекчиях дацитов и трахидацитов, в центральных частях экструзивных зон. Эти руды малосернистые (серы 0,0%).

В межпластовых рудах участка Штокверк среднее соотношение Au:Ag = 1 : 11,6, а на участке Пологий оно равно 1 : 0,9. Содержание серы в рудах участка Пологий выше в 10 раз, нежели в рудах участка Штокверк, что коррелируется с общим содержанием сульфидов.

Гипогенные рудные минералы представлены пиритом, марказитом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом, самородным золотом, аргентитом, сульфоантимонитом серебра, штрмейеритом, гюбнеритом, тетрадимитом, пруститом, самородным серебром. Показателем вертикальной зональности является снижение с глубиной в рудах серебра и ртути. Руды месторождения формировались в один этап в три стадии: 1) дорудные метасоматические изменения вмещающих пород в пропилиты, гидрослюдисто-кварцевые с адуляром и диккитовые метасоматиты; 2) предрудное метасоматически-прожилковое окварцевание с сопутствующей серицитизацией и адуляризацией; 3) рудная – формирование кварцевых прожилков с рудной минерализацией.

Золото низкопробное (522–788‰), в среднем, 667 единиц. Запасы золота категории C₂ составляют 17 т со средним содержанием 3,4 г/т, забалансовые – около 49,8 т, прогнозные – ~ 10 т с содержанием 2,3 г/т. Исследователи месторождения считают связь золото-серебряной минерализации парагенетической с экструзивными телами и дайками колчанского магматического комплекса.

Обсуждение и выводы

Золотоносные рудные узлы и рудные поля в вулканических поясах обычно размещаются в пространственной связи с глубинными разломами в наиболее тектонически нарушенных в предрудное время блоках пород фундамента [2], [4], [5], весьма проницаемых по этой причине для магм и магматогенных флюидов. Они пространственно связаны с вулканоплутоническими комплексами длительного накопления и динамичного развития. Это следует из многократности излияний магм на поверхность, часто в гомодромной последовательности развития магматических очагов, и внедрения в вулканические покровы экструзий, даек, штоков и плутонов.

Такие месторождения, в том числе и вышеохарактеризованные, формировались в подочаговом пространстве вблизи палеоповрхности, в основном, на этапах завершения развития магматических очагов. Это происходило на участках высокой нарушенности и проницаемости ранних вулканических покровов под экраном малонарушенных поздних покровов вулканитов, в тесной пространственной связи с субвулканическими или с экструзивными телами (месторождения Белая Гора, Хаканджа) на различных расстояниях от плутонов. Примером последней обстановки является Многовершинное золоторудное месторождение, размещающееся в северо-западной периферии Бекчи-Улского плутона (рис. 2). Гранитоидные плутоны на Хаканджинском месторождении находятся за пределами рудного поля [4]. Рудоконтролирующей являлась сближенная серия тектонических зон северо-восточного простирания – магмо- и флюидопроводников. Наблюдаемая пространственная ассоциация рудных зон и особенно промышленных рудных тел с экструзивными и субвулканическими телами свидетельствует об их близковременном формировании.

Источниками золота и флюидов для охарактеризованных месторождений несомненно были глубинные магматические очаги, как это обосновано расчетным методом нами [7] на материалах [10, с. 95–108] по Хаканджинскому месторождению с использованием результатов экспериментов по распределению золота между силикатным расплавом и флюидом [11].

Следовательно, из приведенных обстановок локализации золоторудных месторождений можно сделать вывод, что формировались они в генетической связи с магматическими очагами и в парагенетической связи с фациями вулканитов. Нижние нарушенные и, следовательно, проницаемые для флюидов покровы вулканических толщ, а также осадочные породы фундамента являлись зонами транспорта флюидов и рудолокализации; верхние не нарушенные вулканические толщ служили малопроницаемыми барьерами для флюидов и субвулканических тел. Под ними формировались богатые скопления руд.

Синвулканические тектонические нарушения, из-за многократных перемещений тектонических блоков фундамента ВТС, являлись путями проникновения магматических расплавов к поверхности и на поверхность в центрах извержений, и местами формирования экструзий и субвулканических тел, даек, а также длительного проникновения металлоносных магматогенных флюидов, особенно на завершающих стадиях дифференциации магматических очагов.

Тепловые поля субвулканических интрузий и экструзий являлись местом дополнительного подогрева и «управляемой» ими активной конвекции поступающего из магматического очага металлоносного флюида. Такие тела определяли пространственное размещение рудных тел, обычно в их верхней и боковой периферии и, фактически, выполняли основную рудоформирующую роль и предопределяли геохимическую зональность рудной минерализации.

Таким образом, общими чертами генезиса этих месторождений являются следующие: 1) формирование их на малых глубинах; 2) генетическая связь с магматическими очагами и с вулканическими процессами; 3) формирование золоторудной минерализации происходило на завершающих этапах вулканизма в пространственной и временной связи с формированием субвулканических и экструзивных тел; 4) локализация месторождений и рудных тел происходила в наиболее тектонически нарушенных в предрудное время блоках пород под экранами слабопроницаемых пород верхних вулканических покровов; 5) формирование минерализации совершалось глубинными магматогенными флюидами в проницаемых магмо- и флюидопроводниках, непосредственно в тепловых полях субвулканических и экструзивных тел в динамичном тектоническом режиме.

Отличительные особенности их формирования:

– месторождение Белая Гора сформировалось вслед за образованием экструзии, явившейся одновременно экраном для поступающих глубинных флюидов из очага, а также генератором дополнительной тепловой энергии в

экранированной гидротермальной системе для увеличения давления флюида, способствовавшего возникновению серии гидроразрывов в некке и во вмещающих породах, эксплозивному брекчированию некка и формирование на участке Пологий межпластовой минерализации под экраном малопроницаемых пластов покровных пород;

– месторождение Хаканджа сформировалось вблизи некка палеовулкана в пологой зоне межформационного тектонического срыва вулканических толщ различного состава;

– Многовершинное месторождение формировалось в крутозалегающих экранированных магмо- и флюидопроводниках, в процессе накопления и конвекции глубинных флюидов в околоинтрузивных тепловых полях субвулканических тел.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Lindgren W. Mineral Deposits / Lindgren W. – 1928. – 3rd ed. McGraw Hill, New York. – 1049 pp.
2. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира / Константинов М.М. – 1984. – М.: Недра. – 165 с.
3. Хомич В.Г. Типизация золото-серебряного оруденения / Хомич В.Г., Иванов В.В., Фатьянов И.И. – 1989. – Владивосток. – 290 с.
4. Стружков С.Ф. Провинция Охотско-Чукотского вулканогенного пояса / Стружков С.Ф. // Золоторудные месторождения России. – 2010. – М.: Акварель. – С. 213–241.
5. Хомич В.Г. Хаканджинское месторождение золота и серебра (геологическое строение, особенности размещения оруденения) / Хомич В.Г. // Рудные месторождения континентальных окраин. – 2000. – Вып. 1. – Владивосток: Дальнаука. – С. 140–169.
6. Невструев В.Г. Минералого-геохимическая зональность золото-серебряного месторождения Прихотья / Невструев В.Г., Эйриш Л.Б. // Минералогия метаморфических и рудных образований Дальнего Востока. – 1981. – Владивосток. – С. 35–39.
7. Остапенко Н.С. Хаканджинское эпитегрмальное золото-серебряное месторождение Прихотья (Россия): факторы локализации и условия формирования / Остапенко Н.С. Нерода О.Н. // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 7. – М.: Академия Естествознания. – С. 137–141.
8. Константинов М.М. Сихотэ-Алинская провинция / Константинов М.М., Косовец Т.Н. // Золоторудные месторождения России. – 2010. – М.: Акварель. – С. 242–259.
9. Моисеенко В.Г. Золоторудные месторождения Востока России / Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. – 1996. – Владивосток: Дальнаука. – 352 с.
10. Федчин Ф.Г. Золото и серебро в магматизме Селемджинской вулканно-тектонической структуры (Прихотье) / Федчин Ф.Г., Мальцев В.Г., Залевский С.Н., Куличенко А.Г. // Геохимия вулканических зон Дальнего Востока. – 1978. – Владивосток. – С. 95–108.
11. Миронов А.Г. Экспериментальные исследования геохимии золота с помощью метода радиоактивных изотопов / Миронов А.Г., Альмухамедов А.И., Гелетий В.Ф. и др. – 1989. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд. – 281 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lindgren W. Mineral Deposits / Lindgren W. – 1928. – 3rd ed. McGraw Hill, New York. – 1049 pp.
2. Konstantinov M.M. Zolotoye i serebryanoye orudneniye vulkanogennykh poyasov mira [Gold and silver mineralization of the volcanic zones of the world] / Konstantinov M.M. – 1984. – М.: Nedra. – 165 p. [in Russian]
3. Khomich V.G. Tipizatsiya zoloto-serebryanogo orudneniya [Typification of gold-silver mineralization] / Khomich V.G., Ivanov V.V., Fatyanov I.I. – 1989. – Vladivostok. – 290 p. [in Russian]
4. Struzhkov S.F. Provintsiya Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennoy poyasa [The Province of the Okhotsk-Chukchi Volcanogenic Belt] / Struzhkov S.F. // Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii. – 2010. – М.: Akvarel. – P. 213–241. [in Russian]
5. Khomich V.G. Khakandzhinskoye mestorozhdeniye zolota i serebra (geologicheskoye stroeniye, osobennosti razmeshcheniya orudneniya) [Khakanja gold and silver deposit (geological structure, features of mineralization)] / Khomich V.G. // Rudnyye mestorozhdeniya kontinental'nykh okrain. – 2000. – Vol. 1. – Vladivostok: Dal'nauka. – P. 140–169. [in Russian]
6. Nevstruyev V.G. Mineralogo-geokhimicheskaya zonalnost zoloto-serebryanogo mestorozhdeniya Priokhotya [Mineralogical and geochemical zoning of the gold-silver deposit Priokhotya] / Nevstruyev V.G., Eyriush L.B. // Mineralogiya metamorficheskikh i rudnykh obrazovaniy Dalnego Vostoka. – 1981. – Vladivostok. – P. 35–39. [in Russian]
7. Ostapenko N.S. Khakandzhinskoye epitermal'noye zoloto-serebryanoye mestorozhdeniye Priokhotya (Rossiya): faktory lokalizatsii i usloviya formirovaniya [Khakanja epithermal gold-silver deposit Priokhotya (Russia): localization factors and formation conditions] / Ostapenko N.S. Neroda O.N. // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. – 2016. – № 7. – М.: Akademiya Yestestvoznaniya. – P. 137–141. [in Russian]
8. Konstantinov M.M. Sikhote-Alinskaya provintsiya [Sikhote-Alin Province] / Konstantinov M.M., Kosovets T.N. // Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii. – 2010. – М.: Akvarel. – P. 242–259. [in Russian]
9. Moiseyenko V.G. Zolotorudnyye mestorozhdeniya Vostoka Rossii [Gold ore deposits of the East of Russia] / Moiseyenko V.G., Eyriush L.V. – 1996. – Vladivostok: Dal'nauka. – 352 p.
10. Fedchin F.G. Zoloto i serebro v magmatizme Seledzhinskoy vulkanno-tektonicheskoy struktury (Priokhotye) [Gold and silver in the magmatism of the Seledzhinsky volcanic-tectonic structure (Priokhotye)] / Fedchin F.G., Maltsev V.G., Zalevskiy S.N., Kulichenko A.G. // Geokhimiya vulkanicheskikh zon Dalnego Vostoka. – 1978. – Vladivostok. – P. 95–108. [in Russian]
11. Mironov A.G. Eksperimentalnyye issledovaniya geokhimii zolota s pomoshchyu metoda radioaktivnykh izotopov [Experimental studies of gold geochemistry using the method of radioactive isotopes] / Mironov A.G., Almukhamedov A.I., Geletiy V.F. et al. – 1989. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd. – 281 p.