

Петренко Игорь Диамидович.

ЗОЛОТО - СЕРЕБРЯНАЯ ФОРМАЦИЯ КАМЧАТКИ

Специальность 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
по монографии «Золото-серебряная формация Камчатки»

Петропавловск-Камчатский - 2004

2005-4
15437

На правах рукописи
УДК 553.065.3/.2/.261/.41+551.234

Петренко Игорь Диамидович.

ЗОЛОТО - СЕРЕБРЯНАЯ ФОРМАЦИЯ КАМЧАТКИ

Специальность 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
по монографии «Золото-серебряная формация Камчатки»

Петропавловск-Камчатский - 2004



883018

Работа выполнена в Управлении природных ресурсов и охраны окружающей среды по Камчатской области и Корякскому автономному округу

Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, доцент Щепотьев Юрий Михайлович

Официальные оппоненты - доктор геолого-минералогических наук
член-корреспондент РАН
Сидоров Анатолий Алексеевич (ИГЕМ РАН)
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Константинов Михаил Михайлович (ФГУП ЦНИГРИ)

Ведущая организация - Московский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, кафедра геологии полезных ископаемых

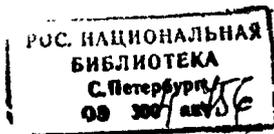
Защита диссертации состоится 25 ноября 2004 г. в 15 час. 30 мин. на заседании Диссертационного совета Д.216.016.01 при Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ) по адресу: Москва, 117545, Варшавское шоссе, 129Б

С диссертацией в виде монографии можно ознакомиться в геолфонде ФГУП ЦНИГРИ

Автореферат разослан 2004 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических наук

В.М. Яновский



Введение

Актуальность работы, задачи исследований

В течение последних 30 лет в пределах разновозрастных вулканических поясов Камчатки было выявлено 10 месторождений и более 400 проявлений золото-серебряной формации, объединенных в 6 золоторудных районов: Пенжинский, Ичигин-Уннейваямский, Северо-Камчатский (Оссорский), Оганчинско-Козыревский (Центрально-Камчатский), Восточно-Камчатский, Южно-Камчатский, что позволяет говорить о выделении здесь новой золоторудной провинции. Золото-серебряные месторождения Камчатки слабо освещены в литературе, хотя обобщение результатов проведенных на них поисковых и разведочных работ неоднократно проводилось как камчатскими геологами, так и представителями различных научно-исследовательских институтов, в первую очередь ЦНИГРИ. Схематические описания отдельных месторождений имеются в сводных работах по вулканогенному рудообразованию (Василевский и др., 1977, Константинов, 1984, Щепотьев и др., 1989), большинство же публикаций касалось лишь отдельных аспектов формирования месторождений (минерального состава, структурного контроля и т.п.).

Между тем, разнообразие морфологических и минералогических типов месторождений, хорошая сохранность рудовмещающих палеовулканических сооружений, обусловленная их сравнительно молодым возрастом, представляет редкую возможность изучения связи золото-серебряной минерализации с вулканизмом, места и времени формирования оруденения в процессе становления вулканических структур, а также разработки на этой основе методики прогнозирования и поисков золото-серебряного оруденения. Специфика Камчатки заключается также в пространственной близости золото-серебряных месторождений с районами развития активного вулканизма и современных гидротермальных систем (ГТС), служащих прекрасными моделями-аналогами для изучения процессов формирования рудных полей, что делает Камчатку идеальным полигоном для изучения процессов близповерхностного вулканогенного рудообразования и построения генетической модели рудообразующей ГТС.

Методика, объем исследований и личный вклад автора. Настоящая работа явилась результатом многолетних исследований автора (с 1972 г.) в процессе всех стадий геологоразведочных работ на золото-серебряных месторождениях Камчатки (Агинское, Родниковое, Асачинское, Мутновское), а также проведенных под руководством автора в Центральной тематической экспедиции ГГП "Камчатгеология" опытно-методических работ по разработке геолого-геохимических и геофизических моделей основных золото-серебряных месторождений Камчатки (1987-91 гг.), в рамках которых было проведено дополнительное комплексное изучение трех эталонных объектов (Аметистовое, Агинское и Мутновское месторождения).

Автором составлены геологические карты масштаба 1:10000 Агинского, Аметистового, Родникового и Мутновского месторождений, проведены реконструкции палеовулканических рудовмещающих построек,

откорректированы структурные схемы Асачинского и Озерновского рудных полей. Составлена структурная схема Мутновского геотермального района и даны рекомендации по его дальнейшему изучению.

В процессе изучения указанных месторождений автором изучено около 4000 шлифов, обработано более 500 силикатных анализов, получено 140 палеомагнитных анализов и 15 радиологических определений возраста руд и рудовмещающих пород. Для реконструкции палеогидрогеохимических условий рудообразования в пределах Тклаваямского и Мутновского рудных полей использован 101 анализ кварца, карбонатов, сульфидов методами декрепитации, газовой хроматографии проб и водных вытяжек, 17 изотопных анализов серы. Для реконструкции полей тектонических напряжений на этих же объектах использованы массовые замеры трещиноватости, ориентировки кварцевых жил и прожилков на 325 площадках. Методика обработки и анализа первичного материала содержала в своей основе системный подход, предполагающий рассмотрение объектов различных рангов в субординации таксонов: рудный район - рудное поле - локальная рудовмещающая структура - рудное тело - рудный столб.

Научная новизна. Впервые комплексно охарактеризованы основные золото-серебряные месторождения Камчатки, рассмотрены: положение месторождений в региональных структурах, структуры рудных полей, строение и минеральный состав рудных тел и гидротермально измененных пород. Проанализированы особенности развития рудовмещающих палеовулканических построек и влияние вулканизма на структуры рудных полей. Разработана классификация вмещающих рудные тела структурных элементов. Впервые установлен раннеплейстоценовый возраст промышленного золото-серебряного оруденения.

Предложена генетическая модель близповерхностного рудообразования, объясняющая приуроченность золото-серебряных месторождений к дифференцированным палеовулканическим постройкам с развитием инверсионных купольно-кальдерных структур и особенности вертикальной зональности золото-серебряной минерализации. На основании взаимного расположения магматического очага, вулканической постройки и регионального потока грунтовых вод разработана классификация структур высокотемпературных ГТС. Выделены три структурных типа с различной перспективностью развития золото-серебряной минерализации. Систематизированы критерии структурной и минералогической зональности золото-серебряного оруденения как основы оценки его эрозионного среза для определения глубины прогноза промышленной минерализации.

Практическое значение. Разработан прогнозно-поисковый комплекс на золото-серебряное оруденение в вулканических поясах Камчатки. Методы дистанционного выделения потенциально рудоносных палеовулканических структур внедрены в практику работ, апробированы при проведении поисковых работ в Южно-Камчатском, Оганчинско-Козыревском и Северо-Камчатском рудных районах. Рекомендации автора неоднократно использовались как при выборе площадей для региональных исследований,

так и при производстве геологоразведочных работ на конкретных объектах. Например, тематической группой под руководством автора была произведена переоценка Мутновского месторождения, ранее считавшегося забалансовым; доказан надрудный уровень эрозионного среза юго-западного сектора Тклаваямского рудного поля, что значительно увеличивает перспективы Аметистового месторождения.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на региональных научно-практических конференциях в г. Петропавловске-Камчатском в 1975, 1983, 1999, 2004 гг., Всесоюзном совещании "Геология и методы прогнозирования месторождений серебра в вулканических областях" (Магадан, 1983), школе передового опыта "Теоретические и методические основы прогноза, поисков и оценки золоторудных месторождений", (Баку, 1983), Российско-Японском семинаре "Минерало-рудообразование в вулкано-гидротермальных системах островных дуг", (Петропавловск-Камчатский, 1998), научно-практической конференции «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века», (С-Петербург, 2000), XI сессии Северо-Восточного отделения ВМО «Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий», (Магадан, 2001), XII годичном собрании Северо-Восточного отделения ВМО, «Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин севера Пацифики», (Магадан, 2003), П Всероссийском симпозиуме по вулканологии и палеовулканологии, «Вулканизм и геодинамика», (Екатеринбург, 2003), международной конференции «Металлогения северо-западной Пацифики», (Владивосток, 2004). Результаты изучения золото-серебряных месторождений Камчатки представлены автором в 15 производственных отчетах и 24 печатных работах, в том числе монографии «Золото-серебряная формация Камчатки».

Структура и объем работы. Монография состоит из введения и пяти глав, текст монографии (14,5 печ. л.) сопровождается 43 иллюстрациями и 8 таблицами, список литературы содержит 61 наименование.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам, принимавшим участие в тематических работах и в подготовке материалов, использованных в монографии: Н.М. Большакову, Г.В. Ярыш, А.А. Полетаевой, сотрудникам Елизовской ГФЭ В.В. Ардашеву и В.А. Волкову, кх.-м.н. В.А. Гуменюку (ДВИМС), а также доктору г.-м.н. Ю.М. Щепотьеву (ЦНИГРИ), к.г.-м.н. И.Ф. Делеменю, к.г.-м.н. В.И. Белоусову, к.г.-м.н. В.М. Округину (ИВ ДВО РАН), к.г.-м.н. А.Ф.Литвинову (УПР по Камчатской области) за помощь в работе и постоянные консультации.

Основные защищаемые положения.

1. Месторождения золото-серебряной формации Камчатки приурочены к четырем разновозрастным вулканическим поясам: Охотско-Чукотскому, Корякско-Западно-Камчатскому, Центрально-Камчатскому и Восточно-Камчатскому, соответственно отмечается четыре цикла формирования золото-серебряных месторождений. Непосредственно рудные поля приурочены к центральным частям вулкано-тектонических структур (ВТС)

центрального типа диаметром 10-30 км, характеризующихся развитием дифференцированного магматизма, проявлением процессов кальдеро- и куполообразования.

2. В формировании структур рудных полей принимают участие как региональные магмо- и рудоконтролирующие разломы, так и радиальные и концентрические разрывы, связанные с особенностями развития самих вулканических построек. Рудные поля характеризуются максимальным развитием жерловых фаций, дайковых, субвулканических и интрузивных тел, гидротермальной проработкой пород.

3. Расположение магматического очага, морфология вулканической постройки и направление потока грунтовых вод определяют три структурно-гидродинамических типа высокотемпературных гидротермальных систем с различной перспективностью развития золото-серебряной минерализации: **центральный** (Узонский), когда гидротермальная система развивается в центральной части вулканической постройки, представляющей собой отрицательную морфоструктуру (кальдеру), непосредственно под которой находится магматический очаг; **периферийный** (Банно-Карымчинский), когда вулканическая постройка представляет собой положительную морфоструктуру, и **склоновый** (Мутновский), когда формирование гидротермальной системы происходит при отсутствии ярко выраженных вулканических форм рельефа, движение потока термальных вод происходит в сторону общего понижения рельефа. Из них наиболее перспективным типом на золото-серебряное оруденение является **центральный** (Узонский).

4. Вертикальная зональность золото-серебряных месторождений отвечает смене в вертикальном разрезе высокотемпературных гидротермальных систем следующих зон с соответствующей минерализацией: **1 - зона перегретых вод** без следов рудоотложения, **2 - зона кипения** или «паровой шапки» (отложение сульфидов полиметаллов, серебра), **3 - зона гидротермальных взрывов** (отложение основной части золота и серебра), **4 - зона конденсации** (кислотное выщелачивание, аргиллизация без продуктивной минерализации).

5. На основе предлагаемой модели рудообразования разработан прогнозно-поисковый комплекс на золото-серебряное оруденение для рангов от рудного поля до рудного столба. Основное внимание уделяется комплексу критериев крупномасштабного и локального прогнозирования, что соответствует данной стадии изученности Камчатки.

1. ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ КАМЧАТКИ И ИХ РУДОНОСНОСТЬ

На территории Камчатки большинство исследователей выделяет четыре вулканических пояса (ВП): Охотско-Чукотский (ОЧВП) мел-палеогенового возраста, Корьяско-Западно-Камчатский (КЗКВП) - эоцен-олигоценового, Центрально-Камчатский (ЦКВП) - олигоцен-четвертичного, Восточно-Камчатский (ВКВП) - плиоцен-четвертичного. Последовательное

омоложение вулканических поясов отражает закономерное смещение к юго-востоку в сторону Тихого океана зоны перехода континент-океан.

Расположение Камчатки на стыке континентальной и океанической плит определяет основные особенности ее геологического строения. Зоны интенсивного освобождения эндогенной энергии, приуроченные к протяженным (первые тыс. км) глубинным разломам на стыке континентальных и океанических плит, проявляются в качестве вулканических поясов (ВП). Некоторые исследователи (Власов и др., 1978), признавая миграцию ВП, разделяют их на краевые пояса (ОЧВП, КЗКВП) и внутренние вулканические дуги (ЦКВП). Среди камчатских геологов (Апрелков, Ежов, 1977, 1980, Лебедев и др., 1979, Петренко, 1999, Апрелков, Петренко, 2003), преобладает представление о том, что указанное противопоставление поясов не имеет принципиального характера. Об этом говорит развитие во всех разновозрастных ВП аналогичных вулканогенных формаций, сходство гидротермальных изменений пород, а также связанных с ними рудных формаций. Согласно этой точке зрения, структурное положение всех ВП определяется их принадлежностью к характерному для современных островодужных систем (например, Курило-Камчатской) единому типу островных дуг, развивающихся в зоне перехода континент-океан и являющихся необходимым элементом системы дуга - желоб. Подобные системы включают в себя следующие основные структурные элементы: тыловой прогиб - вулканическая дуга - междуговой прогиб - невулканическая островная дуга - глубоководный желоб - океанический вал. Главная особенность Камчатки заключается в том, что, начиная с мела, происходит перемещение системы дуга-желоб в сторону океана. Некоторая разница в металлогении (большая роль кислых продуктов вулканизма и наличие существенно серебряных и оловорудных месторождений в ОЧВП и КЗКВП) объясняется формированием их на коре континентального типа.

Главным структурным элементом ВП являются вулкано-тектонические структуры (ВТС). Формы и границы ВТС определяются сочетанием концентрических и радиальных разрывов, круговым расположением интрузивов, продуктов вулканизма и подчеркиваются соответствующей ориентировкой магнитных полей. Формирование их связано с существованием залегающих на различных глубинах и связанных с поверхностью периферических магматических очагов. Именно ВТС играют главную роль в размещении золото-серебряного оруденения. Кроме ВТС в строении ВП принимают участие отдельные интрузивные тела, экструзивные купола, шлаковые конусы и т.п. Существенной роли в размещении золото-серебряного оруденения они не играют.

Основные черты развития вулканических поясов во многом сходны. Во всех случаях можно выделить три основные формации (или группы формаций), отражающих три этапа тектоно-магматического развития вулканических поясов.

Андезитовая формация (формация зеленых туфов по Г.М. Власову, 1978) характеризует начальные этапы развития вулканических поясов,

близкие к типу островных дуг. Для нее характерно широкое развитие вулканогенно-осадочных пород, региональная пропилитизация всех вулканогенных образований. С этой формацией связано рудное поле Золотое в Оганчинско-Козыревском рудном районе, многочисленные золото-серебро-полиметаллические проявления Южной Камчатки.

Базальт-андезит-риолитовая (на участках с повышенной мощностью земной коры - андезит-дацит-риолитовая) формация (формация вулканогенной молассы по Г.М. Власову) соответствует стадии зрелой островной дуги, слагают субаэральные вулканические постройки, характеризуется локальной пропилитизацией центральных частей ВТС, широким развитием кварц-адуляр-гидрослюдистых метасоматитов, аргилизитов. Эта формация наиболее продуктивна в отношении полезных ископаемых, с ней связано большинство золото-серебряных месторождений Камчатки.

Базальтовая формация характеризует заключительные стадии развития вулканических поясов, отличается преобладающим развитием ареального вулканизма, платобазальтов, щитовых базальтовых вулканов. Гидротермальные изменения представлены в основном продуктами fumarальной деятельности. Сколь значимые проявления рудных полезных ископаемых не известны.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В данной главе рассмотрены особенности геологического строения основных золоторудных районов Камчатки: Ичигин-Уннейваямского, Северо-Камчатского (Оссорского), Центрально-Камчатского (Оганчинско-Козыревского), Южно-Камчатского, приведены описания структуры, формационного расчленения вулканитов, закономерности размещения рудовмещающих ВТС. Комплексно охарактеризованы основные золото-серебряные месторождения Камчатки: Аметистовое (Тклаваямское рудное поле), Озерновское, Агинское (Абдрахимовское рудное поле), Родниковое, Мутновское, Асачинское; рассмотрены их положение в региональных структурах, структуры рудных полей, строение и минеральный состав рудных тел и гидротермально измененных пород. Проанализированы особенности развития рудовмещающих палеовулканических построек и влияние вулканизма на структуры рудных полей.

Типичным примером рудных полей, в формировании которых преобладало влияние региональных факторов, являются рудные поля Южно-Камчатского рудного района, в т.ч. **Мутновское рудное поле**. Рудовмещающие ВТС здесь приурочены к сбросовой ступени (Южно-Камчатская система рудоконтролирующих сбросов) с амплитудой сброса около 1 км, причем формирование вулканических построек происходило одновременно со сбросовыми движениями. В результате сформировались асимметричные в разрезе постройки с резко различной мощностью вулканитов, для Жировского палеовулкана в опущенном крыле 1,5-1,8 км, в поднятом - 0,5-0,6 км. Структура Мутновского рудного поля обусловлена

приуроченностью его к Жировской палеовулканической постройке и определяется сочетанием нескольких разноплановых и разновозрастных систем тектонических нарушений, связанных как с действием региональных тектонических факторов, так и с развитием самого палеовулкана. Наиболее важную роль играют вертикальные или крутопадающие (до 60°) к западу сбросы субмеридионального простирания, связанные с формированием Южно-Камчатской системы рудоконтролирующих сбросов, активные движения по которой продолжались в течение всего периода становления вулканической постройки. Наиболее крупным разрывом является нарушение, вмещающее зону Определяющую. Амплитуда сбросовой составляющей по нему достигает 300-400 м, кроме того, присутствует и сдвиговая составляющая (левосторонний сдвиг) с амплитудой 100-150 м.

Тклаваямское рудное поле с Аметистовым месторождением приурочено к одноименной ВТС олигоценного возраста. Вулканическая постройка представляет собой типичный стратовулкан, фланги которого сложены эффузивно-пирокластическими периклинально залегающими образованиями, в центральной части преобладают субвулканические тела. Рудное поле приурочено к хорошо выраженной в рельефе кальдере.

Структура рудного поля определяется приуроченностью его к Тклаваямской ВТС, характеризующейся радиально-концентрическим рисунком тектонического каркаса. Концентрические системы падающих к центру разломов образуют два вложенные друг в друга эллипсоида размером 6х7 и 9х13 км. Внутренний эллипсоид практически совпадает с границами субвулканического тела дацитов - риолитов, внешний с учетом наклона разломов к центру соответствует по размерам и форме промежуточному магматическому очагу, четко фиксируемому положительной аномалией Ag. Границы Тклаваямского рудного поля определяются кольцевыми разрывами внутреннего эллипсоида. Среди рудовмещающих структур преобладают радиальные и дуговые разломы, сформировавшиеся при развитии ВТС. Кроме того, в условиях регионального сжатия, ориентированного в субширотном направлении, образовались многочисленные субширотные трещины отрыва (жилы Ичигинская, Изюминка, Юника и др.).

Абдрахимовское рудное поле площадью около 90 кв. км, включающее месторождения Агинское, Южно-Агинское и рудопроявление Найчан, располагается в центральной части Агинской палеовулканической постройки верхнемиоценового возраста (7,4-7,9 млн. лет), представляющей собой полигенный вулкан сложного строения, сформировавшийся в два этапа: в первый был сформирован стратовулкан центрального типа, во второй - вдоль серии кольцевых кальдерообразующих разрывов сформировалась серия побочных вулканов.

Во время становления Агинского палеовулкана Агинско-Кадарский глубинный разлом проявился как зона растяжения, влияние которой сказалось на общей вытянутости вулканоструктуры в северо-восточном направлении и морфологии кальдеры, образовавшейся в ее центральной части. Вытянутая вдоль глубинного разлома форма промежуточного очага

определяет аналогичную форму кальдеры и купольной структуры, как это было показано В.Л. Леоновым (1989) на примере современных геотермальных районов (Узон-Гейзерный, Кошелевский, Паужетский) и нами на примере Абдрахимовского рудного поля. В результате в процессе кальдеро- и куполообразования образуются линейные системы сколовых трещин вдоль контакта интрузии, а в местах периклинального замыкания купола - линейные системы трещин отрыва.

Золотосодержащие жилы группируются в несколько пучков, состоящих из падающих навстречу друг другу сколовых трещин и сопровождающих их трещин отрыва. Рудные тела отличаются небольшими размерами при высоких концентрациях золота. Наиболее богатые рудные тела сформировались в местах сочленения основных сколовых трещин с опережающими трещинами.

3. ОБОБЩЕННАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БЛИЗПОВЕРХНОСТНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ

Важнейшими общепризнанными особенностями близповерхностных месторождений являются следующие.

1. Связь с вулканизмом.
2. Высокие содержания золота и серебра в рудах при крайне низких концентрациях их в рудообразующих растворах.
3. Метаколлоидные структуры жильных минералов и широкое распространение брекчиевых текстур даже в трещинах отрыва.
4. Закономерная смена по падению золото-серебряного оруденения - серебро-полиметаллическим.

Вопросы близповерхностного рудообразования невозможно решать без изучения современных гидротермальных систем (ГТС) - аналогов палеогидротермальных систем, формировавших золото-серебряное оруденение.

Приуроченность рудообразующих ГТС к палеовулканическим постройкам с дифференцированным магматизмом находит объяснение с позиций теории формирования современных высокотемпературных ГТС в вулканических районах (Аверьев, 1966, Белоусов, 1978). По их мнению в основе энергетики вулканизма и гидротермальной деятельности лежит подача глубинного магматического расплава базальтового состава в верхние горизонты земной коры (3-6 км от поверхности). Коровые кислые очаги рассматриваются лишь как аккумуляторы тепла, поступающего с более глубоких уровней с базальтовыми магмами. Сами эти очаги могут быть источником тепла для гидротерм лишь очень непродолжительное время и при отсутствии поступления тепла извне сравнительно быстро остывают, но именно они формируют структуру ГТС. Таким образом, дифференцированный магматизм свидетельствует о наличии как мантийного базальтового источника, так и корового магматического очага, собственно и образующего ГТС.

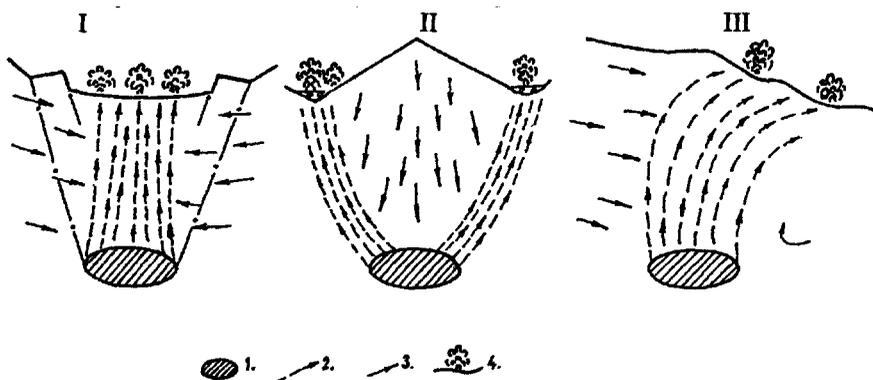


Рис. 1. Основные структурно-гидродинамические типы высокотемпературных гидротермальных систем Камчатки.

I - центральный (Узонский), II - периферийный (Банно-Карымчинский), III - склоновый (Мутновский). 1 - магматический очаг; 2-3 - направление движения вод: 2 - термальных, 3 - инфильтрационных; 4 - термальные площадки.

1. Центральный (Узонский) тип. Центральная часть вулканической постройки представляет собой отрицательную морфоструктуру (кальдеру), непосредственно под которой находится магматический очаг. Тепловой поток поднимается вертикально вверх, подток холодных инфильтрационных вод происходит сбоку, с окружающих депрессию возвышенностей. Разгрузка термальных вод происходит в пределах кальдеры.

2. Периферийный (Банно-Карымчинский) тип. Вулканическая постройка представляет собой положительную морфоструктуру (стратовулкан, крупная экструзия и т.п.). Гидростатическое давление колонны инфильтрационных вод превышает давление потока термальных вод, которые распространяются от очага вдоль наклонных разломов, обрамляющих постройку (обычно под углами 50-70°). Разгрузка их происходит по периферии вулканической постройки в окружающих ее депрессиях.

3. Склоновый (Мутновский) тип. Формирование ГТС происходит в условиях отсутствия ярко выраженных форм рельефа, связанных с деятельностью магматического очага. Движение инфильтрационных вод происходит в направлении регионального понижения рельефа.

происходит в направлении регионального понижения рельефа. Поднимающийся от очага тепловой поток отклоняется в направлении общего движения, разгрузка гидротерм происходит в понижениях рельефа, независимо от их происхождения (тектонические депрессии, эрозийные впадины).

Наиболее распространены ГТС периферийного (Банно-Карымчинского) типа. К ним относятся Паратунские, Большебанные, Карымчинские, Верхнежировские, Вилючинские, Налычевские и многие другие группы современных термопроявлений. Чаще всего это термальные воды с температурой до 100°C, так как разгружаются они в межгорных депрессиях и интенсивно разбавляются вадозными водами. В скважинах, вскрывающих подэкранную зону гидротермальных систем (Большебанное месторождение), а также в источниках, расположенных у подножия склона, сложенного коренными породами (Верхнежировские), могут наблюдаться и высокотемпературные термы (до 150-160°C). ГТС склонового (Мутновского) типа менее распространены, но отличаются большей мощностью и более высокими температурами (на Мутновском месторождении парогидротерм до 330°C). Наконец, наименее распространен центральный (Узонский) тип ГТС, представленный единственной на Камчатке современной системой в кальдере вулкана Узон. Для него характерна высокая тепловая мощность (64x10 ккал/сек), соизмеримая с действующими вулканами fumarольной стадии, и наиболее полный набор гидротерм различного состава при ярко выраженной концентрической и, видимо, вертикальной, зональности.

С изложенных позиций следует оценивать роль таких главных структурообразующих факторов, как куполообразование и кальдерообразование. Куполообразование, происходящее в результате штампового воздействия поднимающейся магматической колонны, как правило, приходящегося на центр вулканической постройки, приводит к формированию системы открытых трещин в сводовой части купола, то есть подготавливает структурную основу для локализации золотосодержащих жильных тел. Кальдерообразование же необходимо для формирования ГТС Узонского типа, в которой возникают наиболее благоприятные условия для рудоотложения. С одной стороны в таких системах обеспечивается подток к очагу инфильтрационных вод, которые составляют 90-95% объема воды, участвующей в формировании ГТС. С другой стороны, при наличии депрессии непосредственно в надочаговой зоне, в формирующейся ГТС повышается роль эндогенного флюида, поднимающегося непосредственно из очага и несущего всю рудную нагрузку. В случае отсутствия центральной кальдеры ГТС разгружается за пределами вулканической постройки в межгорных прогибах, как это происходит в ГТС Банно-Карымчинского и Мутновского типов. При этом рудная нагрузка рассредоточивается на значительной площади и разбавляется вадозными водами до величин, незначительно превышающих геохимический фон. Примером могут служить многие современные ГТС Камчатки (Большебанная, Карымчинская, Мутновский геотермальный район и др.).

Показательны в этом отношении сведения о содержаниях золота в современных гидротермах (Набоко, 1980, Рычагов и др., 1993). В большинстве современных ГТС Камчатки содержание золота в термальных водах колеблется от 0,002 до 0,07 мкг/л при среднем содержании для гидротерм областей новейшего вулканизма 0,43 мкг/л. И лишь в термах кальдеры Узон по данным Г.А. Карпова (1998) отмечены содержания золота на два порядка выше (15- 27 мкг/л). Все известные сегодня на Камчатке сколько либо значимые проявления золото-серебряной формации сформированы гидротермальными системами центрального (Узонского) типа.

На основании сравнения с современными ГТС следует рассматривать и вопрос о глубинах формирования и вертикальном размахе оруденения. На всех изученных золото-серебряных объектах Камчатки верхняя граница оруденения формируется на расстоянии не более 100-300 м от палеоповерхности. Аналогичные глубины установлены и для подавляющего числа золото-серебряных месторождений в других областях, что и дало основание считать их близповерхностными. Объяснение таких глубин верхней границы оруденения можно найти, рассматривая вертикальную зональность современных высокотемпературных ГТС. На всех изученных месторождениях можно выделить следующие основные зоны (рис. 2).

Расстояние от поверхности, м		Состояние парогидротерм	Характерная минерализация
0-100	====	Вадозные воды	
50-250	Экран o o o o o	Зона конденсации Зона гидротермальных взрывов	Кислотное выщелачивание, аргиллизация
300-500	↑ o o o o ↑ o o o ↑ o o o o ↑ o o o ↑ o o o	"Паровая шапка", зона пароводяной смеси	Отложение золота и серебра
900-1500	↑ o ↑ o o ↑ o ↑ o o ↑ o ↑ o ↑ o ↑ o o ↑ o ↑ o		Отложение сульфидов полиметаллов, серебра
	↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑	Зона перегретых вод	

Рис. № 2. Вертикальная зональность гидротермальных систем и минералообразования

Зона перегретых вод с температурой 250-330°C вскрывается скважинами на глубинах 900-2000 м (Мутновское, Паужетское, Кошелевское месторождения Камчатки, Вайракей в Новой Зеландии, Сьерро-Прието в Мексике и др.). Воды обладают хлоридно-натриевым составом, на месторождениях Камчатки для них характерна слабощелочная реакция (рН

7,5-9,3), Дж. Хеденквист (1987), обобщив данные по аналогичным месторождениям мира, наиболее типичными считает рН 5,5-6,5.

Зона кипения или "паровой шапки". Поднимающиеся перегретые воды неизбежно достигнут глубины, где гидростатическое давление перестает уравнивать давление пара при данной температуре, после чего начинается кипение. В проницаемых тектонических зонах гидротермы поднимаются достаточно быстро. Согласно кривой Р-Т поднимающиеся гидротермы находятся в состоянии непрерывного кипения. В современных ГТС Камчатки (Сугробов и др. 1986) зона вскипания находится на глубинах 800-1000 м. По данным Хеденквиста (1987) гидротермы с температурой 300°C с содержанием 4,4% CO_2 (верхний предел содержания CO_2 , отмечаемый в эпитермальной системе) начинают кипеть с глубины 2300 м. При этом происходит разделение гидротерм на более кислую паровую фазу и более щелочную - жидкую.

Существование "паровой шапки" должно поддерживаться экраном, препятствующим сбросу давления, выкипанию гидротерм и» рассеиванию вещества в пространстве, как это происходит при вулканических извержениях. По Уайту (1971) наличие структурного или литологического флюидопора является обязательным условием образования зоны "паровой барьера". Наиболее обычным экраном такого рода являются зоны аргиллизации, пользующиеся широким распространением почти на всех высокотемпературных гидротермальных полях Камчатки. Аналогично, на золото-серебряных месторождениях мы повсеместно наблюдаем контроль верхней границы оруденения экраном, образованным зоной площадной близповерхностной аргиллизации (Мутновское рудное поле), кровлей субвулканических тел (Аметистовое и Асачинское месторождения) или другими причинами.

Огромная роль процессов кипения в близповерхностном рудообразовании признается всеми, однако происходящие при этом процессы достаточно сложны и во многом не изучены. При вскипании вода в первую очередь теряет CO_2 и H_2S , что приводит к увеличению роли СГ и значительному повышению рН. В слабоконцентрированных близнейтральных растворах золото переносится в основном в виде относительно устойчивой формы $\text{Au}(\text{HS})_2$ (Сьюард, 1973,1976). Растворимость бисульфидных комплексов золота увеличивается в более щелочных средах. Летников и Вилор (1981) рассматривают увеличение растворимости золота при повышении рН как результат перехода его в форму тиауратов, что не меняет общей картины. В то же время свинец и цинк при повышении щелочности теряют подвижность. Таким образом, за счет выкипания H_2S из существенно хлоридных вод в первую очередь отлагаются сульфиды полиметаллов и серебра, а также незначительная часть золота на сульфидах. Здесь же отлагается основное количество SiO_2 , судя по резкому уменьшению ее содержания по сравнению с нижележащей зоной перегретых вод (Сугробов и др., 1986). Лишь в верхней части паровой шапки, где происходит окисление H_2S , растворимость $\text{Au}(\text{HS})_2$ резко уменьшается.

Таким образом, вертикальный размах серебро-полиметаллического оруденения определяется мощностью "паровой шапки", которая на современных гидротермальных системах Камчатки прослеживается до глубин 600-900 м. Следует отметить, что в "паровой шапке" в пар превращается всего 10-20% (по данным Хеденквиста до 41%) воды, то есть концентрация раствора, изначально невысокая, увеличивается незначительно. Решающую роль здесь играют процессы изменения химизма растворов из-за выкипания кислой летучей фазы.

Зона гидротермальных взрывов. В верхней части двухфазного пароводяного резервуара (в подэкранной зоне) условия существенно меняются. При прорывах экрана, неизбежно возникающих при тектонических деформациях, падение давления происходит настолько резко, что вызывает переход в пар практически всей воды, часто в виде гидротермального взрыва. Этим объясняется образование метаколлоидных структур и специфических гидротермальных брекчий, наблюдавшихся в рудных столбах практически всех золото-серебряных месторождений Камчатки. Здесь же происходит столь же резкое падение и температуры. При этом осаждается полностью вся минеральная составляющая растворов, в том числе золото и остатки серебра. Резкая смена всех термодинамических параметров приводит к формированию богатых руд даже из слабо концентрированных растворов. Аналогом подобного явления могут служить процессы, происходящие в скважинах, вскрывающих подэкранную зону современных ГТС. Так на гидротермальном поле Бродленс (Н. Зеландия) в отложениях скважин отмечены содержания золота 55 г/т и серебра 200 г/т при концентрациях их в исходных водах соответственно 4×10^{-4} и 6×10^{-4} г/т. При этом расчеты баланса масс для Бродленской системы показывают, что на оголовках скважин отлагается по крайней мере 90% золота, содержащегося в гидротермах (Браун, 1986). Сходные результаты получены на Паужетском месторождении парогидротерм на Камчатке, хотя изначально низкие содержания золота в гидротермах (0,016 мкг/т) и приводят к формированию кремнистых осадков с содержанием золота 0,42 г/т (Рычагов и др., 1993).

Зона конденсации. Выше пар попадает в зону холодных бикарбонатных вадозных вод, конденсируется, H_2S окисляется до SO_4 , что приводит к существенному уменьшению рН и кислотному выщелачиванию пород с образованием аргиллизитовой шляпы. При кислотном выщелачивании отлагаются каолинит, алунит, кристобалит или аморфный кремнезем и самородная сера. Мощность зоны аргиллизации 50-100 м. Так как в надэкранной зоне с вадозными водами смешивается в основном пар, образовавшийся при гидротермальных взрывах и уже сбросивший рудную нагрузку, эти кислые гидротермы не обладают потенциалом рудообразования. Если подток гидротерм не имеет достаточной изоляции от кислых сульфатных вод, то могут образоваться смешанные сульфатно-хлоридные воды, что приводит к формированию аморфных сульфидов мышьяка и сурьмы, как это происходит сейчас в приповерхностной зоне

кальдеры вулкана Узон. При этом могут образоваться и повышенные (но не промышленные) содержания благородных металлов.

Исходя из предложенной автором модели гидротермальной системы, следует рассматривать и вопрос о вертикальном размахе оруденения. Образование высоких концентраций рудных элементов из слабо концентрированных растворов (даже максимальное содержание, отмеченное в термах кальдеры Узон значительно ниже, чем в конденсатах эксгаляций Большого Толбачикского извержения, где оно достигало ПО мкг/л), может происходить лишь в условиях резкого изменения термодинамических параметров. Наиболее резкий перепад температур, давления и скорости движения растворов в современных высокотемпературных ГТС наблюдается именно в зоне гидротермальных взрывов в интервале 100-200 м (подэкранная зона, зона парового барьера по Уайту). Соответственно эта зона и отвечает интервалу наиболее продуктивного рудообразования. Действительно, зона наиболее богатых рудных столбов, обычно располагающихся в верхней части рудных тел, не превышает 100 м по вертикали. С учетом смещения параметров рудной системы во времени за счет изменения температур и дебитов гидротерм (а возможно и эрозионного среза) вертикальный размах оруденения может достигать 300-400 м (в основном, за счет более бедных руд), что и наблюдается в подавляющем большинстве случаев на рудных полях Камчатки.

Ниже этой зоны на значительном протяжении отмечается зона кварцевых и кварц-сульфидных жил с высокими содержаниями полиметаллов, низкими - серебра (от первых десятков до 100-200 г/т) и убогими - золота (от десятых долей до 2-3 г/т). Это оруденение может проследиваться до глубин 800-1500 м от поверхности, что соответствует глубине вскипания гидротерм, то есть протяженности зоны "паровой шапки".

Еще ниже (современные ГТС изучаются до глубин 2-3 км) отмечается зона транзита перегретых вод с практически неизменными температурами и расходами. Возможность минералообразования здесь ограничивается гидротермальными изменениями вмещающих пород, проявление рудной минерализации не отмечается. Эту особенность близповерхностного рудообразования следует учитывать при прогнозной оценке месторождений золото-серебряной формации.

Что касается проявления рудообразования параллельно с вулканизмом, можно отметить следующее. Энергия действующих вулканов в период извержения на несколько порядков превышает энергетический баланс гидротермальных систем, но практически полностью реализуется в виде магматической, эксплозивной и фумарольной деятельности и газовых выбросов в атмосферу. Таким образом, вулканические эманации рассеиваются в пространстве, минуя стадию гидротермальных систем. Отложения минералов (в том числе и золота) из вулканических эманации, отмеченные, например, при Большом Толбачикском извержении, по сравнению с масштабами выброса газов при извержениях имеют незначительное проявление и представляют чисто минералогический

интерес. На всех золото-серебряных месторождениях Камчатки рудоносная гидротермальная система наложена на все виды проявлений вулканической деятельности, то есть формируется после прекращения активного вулканизма при остывании магматического очага, представляя собой завершающий этап существования магматогенно-гидротермальной системы.

Следует учесть, что все вышесказанное относится к ГТС и месторождениям, выделяемым Н. Уайтом и Дж. Хеденквистом (1995) в тип низкосульфидных (low sulfidation). Проявления высокосульфидного (high sulfidation) типа на Камчатке обнаружены в последние годы и еще слабо изучены.

4. ЭЛЕМЕНТЫ ЗОНАЛЬНОСТИ ОРУДЕНЕНИЯ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ЕГО ЭРОЗИОННОГО СРЕЗА

Специфика формирования месторождений золото-серебряной формации в приповерхностных условиях обуславливает наличие проявленной с различной степенью контрастности эндогенной зональности, изучение которой является важнейшим условием правильного определения степени эрозионного среза как рудных полей в целом, так и отдельных рудовмещающих структур и рудных тел. Без этого невозможно ни правильное определение масштабов оруденения, ни поиски слепых рудных тел, включающих на некоторых объектах основную массу запасов руды и металла. При оценке эрозионного среза золото-серебряных объектов в первую очередь изучаются следующие элементы эндогенной зональности:

- структурная зональность;
- зональность метасоматической колонки;
- зональность рудного вещества;
- геохимическая зональность.

Вопросы геохимической зональности околорудных ореолов золото-серебряных месторождений Камчатки изучались сотрудниками ИМГРЭ В.Н. Бондаренко и В.А. Соловьевым и группой МГУ под руководством А.П. Соловова, освещены в их работах и в настоящей работе не рассматриваются.

Геолого-структурная зональность

Из элементов геолого-структурной зональности наибольшее внимание должно уделяться выяснению степени эродированности рудовмещающих ВТС путем изучения структурно-морфологических особенностей палеовулканических построек.

Продуктивная минерализация может располагаться практически на всех уровнях палеовулканической постройки: в пределах эффузивно-пирокластической толщи, в жерловых фациях и в фундаменте. Однако, на практике подавляющее большинство месторождений характеризуется приуроченностью рудных тел к "средней" зоне (фация питающей вулканической системы по В.С. Шеймовичу, 1989), отличающейся максимальным развитием субвулканических и эксплозивных тел и даек.

На месторождениях с широким развитием субвулканических тел (Аметистовое, Асачинское) наблюдается структурный контроль кровлей этих

тел верхней границы оруденения. Сохранившаяся покрывка эффузивно-пирокластических пород, играющих роль экрана, служит показателем надрудного эрозионного среза. Даже если она не сохранилась, прикровлеявая часть субвулканических тел характеризуется широким развитием специфических туффзитов, образующихся при вскипании газонасыщенной магмы и служащих надежным показателем слабого эрозионного среза.

Структурно-морфологическая зональность рудоносных структур на большинстве месторождений проявлена следующим образом. Рудные тела обычно концентрируются в рудные пучки, строение которых на различных уровнях неодинаково. Для всех близповерхностных месторождений характерно увеличение размеров и усложнение строения рудоносных зон в направлении от глубинных частей к поверхностным. Для верхнерудного уровня типичны мощные разветвленные кварцево-жильные системы, состоящие из серий падающих навстречу друг другу жил и зон прожилкования, сменяющихся с глубиной мощными стволowymi жилами относительно простого строения. По восстанию в таких системах происходит смена кварцевых жил слабо продуктивными зонами прожилкования, в свою очередь сменяющихся зонами повышенной трещиноватости и аргиллизации.

Таким образом, наличие ветвящихся жильных зон сложной морфологии указывает на слабую эродированность рудных тел, широкое распространение сближенных зон прожилкования и аргиллизации говорит о возможности выявления на глубине богатого оруденения. Простая морфология рудных тел обычно соответствует нижнерудному уровню и свидетельствует о низких перспективах рудоносности.

Зональность метасоматической колонки

Изучение элементов зональности метасоматической колонки является одним из важнейших методов определения уровня эрозионного среза.

Надрудный уровень характеризуется в первую очередь развитием площадной зоны аргиллизации (зона кислотного выщелачивания). Ниже в породах средне-кислого состава наблюдается развитие мощных зон измененных пород, среди которых выделяются кварц-гидрослюдисто-серицит-каолиновые, монтмориллонит-каолинит-цеолит-гидрослюдисто-кварцевые, кварц-каолиновые разности. Широким распространением пользуются опал и ярозит. В центральных частях зон измененных пород отмечается зона карбонат-кварцевого прожилкования, либо монокварциты (Родниковое и Аметистовое месторождения). Пропилитизация на этом уровне проявлена незначительно и соответствует цеолит-хлоритовой фации.

Рудный уровень характеризуется уменьшением мощности околотрещинных метасоматитов до первых метров - первых десятков метров. Пропилиты, вмещающие оруденение, меняются от цеолит-хлоритовой фации на верхнерудном уровне до карбонат-эпидот-хлоритовых на нижнерудном, содержащих в том или ином количестве адуляр, серицит, гидрослюду. На Родниковом месторождении в связи с тем, что вмещающими породами являются интрузивные диориты - габбро-диориты, состав пропилитов

соответствует эпидот-хлорит-актинолитовому минеральному типу. На Озерновском рудном поле рудовмещающие пропилиты имеют цеолит-хлоритовый, хлоритовый состав.

Околотрещинные метасоматиты этого уровня имеют кварц-адуляр-ректоритовый, кварц-адуляр-корренситовый, кварц-гидрослюдисто-серицитовый, адуляр-монтмориллонит-гидрослюдисто-кварцевый состав. На Озерновском рудном поле на описываемом уровне развиты вторичные кварциты следующих фаций: монокварцевые, диккит-алунит-кварцевые, диккит-кварцевые, каолинит-кварц-диккитовые.

Подрудный уровень характеризуется развитием пропилитов преимущественно эпидот-хлоритового состава. Околотрещинные метасоматиты имеют малую мощность, по составу близки к метасоматитам рудного уровня, но в них отсутствует адуляр.

Зональность рудного вещества

Для проявлений золото-теллуровой субформации (Орешин, 1997) критериями малого эрозионного среза является широкое развитие минеральных ассоциаций, в которых теллуриды золота резко преобладают над теллуридами серебра. Снижение роли теллуридов в составе продуктивных образований золото-теллуровой субформации, повышение относительной роли серебросодержащих теллуридов и теллуридов висмута, снижение золото-серебряного отношения до 1:1 - 1:10 свидетельствует о существенной эродированности оруденения. Следует отметить присутствие на самых верхних горизонтах Агинского месторождения цеолитов в составе продуктивных ассоциаций. На остальных месторождениях они встречаются только среди послепродуктивных образований.

Для объектов золото-полисульфидного минерального типа характерно проявление как стадийной, так и фациальной зональности. Обычно на них отмечается два основных этапа рудообразования: первый представлен слабопродуктивной кварц-полиметаллической минерализацией (с серебром), второй - убогосульфидным золото-серебряным оруденением. Хотя вертикальная зональность в распределении минеральных комплексов обоих этапов затуманена их частичным телескопированием, поздние продуктивные ассоциации обычно занимают более высокое положение по сравнению с ранними слабопродуктивными. Типичным примером такой зональности является Мутновское рудное поле.

Яркий пример фациальной зональности проявлен на Аметистовом месторождении, где наблюдается последовательная смена двух продуктивных ассоциаций одной стадии. Верхние горизонты рудных тел сложены золото-каолинит-кварцевой ассоциацией, которая с глубиной сменяется золото-хлорит-сульфидно-кварцевой. В целом фациальная смена убогосульфидного золото-серебряного оруденения на глубину существенно сульфидными ассоциациями отвечает рассмотренным ранее закономерностям зональности рудообразования.

В общем случае с глубиной отмечается увеличение роли карбонатов, уменьшение адуляра, возрастание степени зернистости, упрощение состава рудных минералов, возрастание относительной роли сульфидов железа и цветных металлов.

Тектурная зональность на большинстве объектов проявляется в преобладании на верхних горизонтах колломорфно-полосчатых текстур и сменой их с глубиной массивными, грубополосчатыми, гребенчатыми агрегатами, увеличением роли массивного метасоматического кварца. Брекчиевые текстуры отмечаются на всех уровнях рудных тел, но в их верхних частях преобладают брекчии гидротермального взрыва, полностью состоящие из продуктов гидротермальной деятельности. На нижних уровнях широким развитием пользуются тектонические брекчии, где в составе и обломков, и цемента наряду с дробленным жильным материалом ранних стадий минерализации широко развит переработанный обломочный материал вмещающих пород.

5. ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЙ КОМПЛЕКС НА ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСАХ КАМЧАТКИ.

Объекты прогноза и поисков золото-серебряного оруденения.

Под объектами прогноза и поисков различного ранга подразумеваются соответствующие геологические эквиваленты, характеризующиеся комплексом признаков, позволяющих выявлять их на разных стадиях геологоразведочного процесса. Как и большинством исследователей, нами выделяются объекты прогноза и поисков следующих рангов:

- рудные провинции - области переходных зон континент - океан; металлогенические зоны - вулканические пояса окраинно-континентального и островодужного типа;
- рудные районы - фрагменты вулканических поясов, отличающиеся развитием дифференцированных вулканоплутонических формаций;
- рудные поля - центральные части ВТС диаметром 10-30 км;
- локальные рудовмещающие тектонические структуры - тектонические зоны, контролирующее размещение кварцево-жильных тел;
- рудные тела и рудные столбы - интервалы тектонических зон, вмещающие кварцево-жильные тела с продуктивной золото-серебряной минерализацией.

Широко распространено деление геологического прогнозирования на региональное, крупномасштабное и локальное (Воеводин 1986, Кривцов, 1987). При региональном прогнозировании объектами прогноза являются металлогенические провинции и зоны, рудные районы и узлы, при крупномасштабном - рудные поля (месторождения), при локальном - рудные тела и рудные столбы.

Объекты регионального прогнозирования

Выделение металлогенических провинций и металлогенических зон на Камчатке давно проведено в рамках составления металлогенических карт м-

ба 1:1500000 -1:500000. Также не актуально прогнозирование рудных районов, которое для всей территории Камчатки проведено в рамках составления карты прогноза на золото масштаба 1:500000. Уточнение границ выделенных районов будет проводиться уже в рамках крупномасштабного прогнозирования.

Объекты крупномасштабного прогнозирования - рудные поля

Основными объектами крупномасштабного прогнозирования являются рудные поля. Рудовмещающими структурами для рудных полей золото-серебряной формации являются ВТС центрального типа диаметром 10-30 км, сложенные магматическими образованиями базальт-андезит-риолитовой и андезит-дацит-риолитовой, реже андезитовой формаций. Собственно рудные поля охватывают центральные части этих ВТС, характеризующиеся максимальным развитием даек, субвулканических и интрузивных тел.

Практически все известные золото-серебряные рудные поля Камчатки располагаются в пределах инверсионных купольно-кальдерных ВТС, причем на большинстве из них смена куполо- и кальдерообразования происходила неоднократно, о чем свидетельствует наличие 2-3 телескопированных кальдер. Как было показано в главе 3, наибольшей перспективностью отличаются гидротермальные системы центрального (Узонского) структурного типа, для которых характерно развитие в центральной части ВТС отрицательной формы рельефа (кальдеры). Благодаря хорошей сохранности рудовмещающих вулканических построек подобные структуры выделяются обычно даже при анализе топоосновы м-ба 1 : 500000. Еще более наглядно выделяются потенциально рудоносные ВТС на космических снимках м-ба 1:200000 - 500000.

В геофизических полях ВТС центрального типа, контролирующие размещение золото-серебряных проявлений, характеризуются локальными гравитационными аномалиями A_g изометричной или слегка вытянутой формы, обычно приуроченными к линейным ступеням, а также отвечают изометричным знакопеременным аномалиям магнитного поля. Исключение составляют ВТС риолитовой субформации андезит-дацит-риолитовой формации, вмещающие серебряные проявления пираргиритового минерального типа и фиксирующиеся относительно крупными отрицательными аномалиями A_g (Ичигин-Уннэйваямский рудный район).

Объекты локального прогнозирования -

локальные рудовмещающие структуры, рудные тела, рудные столбы.

Традиционно объектами локального прогнозирования считаются рудные тела и рудные столбы. Однако, в ранговой субординации таксонов между понятиями рудное поле и рудное тело существует достаточно большой разрыв. Если отвлечься от экономических понятий и придать ранговой классификации чисто геологическую основу (хотя и для понятий рудное тело и рудный столб это можно сделать весьма условно), то надо признать существование такого принципиально важного для прогнозирования таксона, как локальная рудовмещающая структура. Особенностью локализации

промышленного оруденения в пределах рудных полей золото-серебряной формации является концентрация 70-90% запасов металла и руды на ограниченных участках в пределах 2-3 основных рудовмещающих структур. Эти структуры часто включают несколько рудных тел, не говоря уже о рудных столбах. Примерами таких структур могут служить Агинский пучок Агинского месторождения, зона Определяющая - Мутновского, жильная зона №1 - Асачинского, зона БАМ - Озерновского и т.п. Выделение таких структур представляется одной из важнейших задач при изучении любого объекта, тем не менее, ни в одной ранговой классификации объектов прогнозирования они не находят соответствующего отражения.

В зависимости от генезиса рудовмещающих структур можно предложить следующую их классификацию (Петренко, 1983)

1. Прототектонические структуры, связанные со становлением субвулканических тел и жерловыми фациями вулканитов: штокверки и трубки взрывных брекчий.

2. Структуры, связанные с воздействием движущихся магматических масс в процессе развития ВТС. Все ВТС, вмещающие рудные поля золото-серебряной формации, имеют сложную историю развития с чередованием периодов кальдеро- и куполообразования, в результате чего возникают системы кольцевых сбросов и трещин скола, связанных с кальдерообразованием и радиальных трещин отрыва, связанных с куполообразованием.

3. Структуры, связанные с региональными тектоническими деформациями. Среди них в свою очередь выделяются две группы.

Первая - это структуры, связанные с линейными тектоническими деформациями, сопряженными с зонами глубинных разломов. Вторая группа - структуры, сформированные в результате действия региональных тектонических напряжений, когда в пределах купольных структур под влиянием регионального сжатия или растяжения развиваются системы субпараллельных трещин отрыва.

4. Структуры, переходные между 2 и 3 группами, то есть связанные с развитием вулканических систем, в свою очередь обусловленным влиянием региональных тектонических факторов, нами на примере Абдрахимовского рудного поля. В результате в процессе кальдеро- и куполообразования образуются линейные системы сколовых трещин вдоль контакта интрузии, а в местах периклинального замыкания купола - линейные системы трещин отрыва.

Следует отметить, что вышеописанные "вулканогенные" и региональные тектонические факторы почти нигде не встречаются в их чистом виде. Так, даже такие региональные сбросо-сдвиговые нарушения, как контролирующее жильную зону Определяющую на Мутновском рудном поле, становятся рудовмещающими лишь на участках приоткрывания их в центральной части ВТС под влиянием куполообразования.

Рациональное комплексирование работ по прогнозированию и поискам золото-серебряного оруденения в вулканических поясах Камчатки (для рангов рудное поле - локальная рудовмещающая структура).

Таблица 1.

Объекты исследования	Поисковые критерии и признаки	Виды и методы работ	Стадии работ
1	2	3	4
Рудные поля	<ol style="list-style-type: none"> 1. Участки сопряжения или пересечения глубинных разломов. 2. Вулкано-тектонические структуры диаметром 10-30 км 3. Инверсионная кальдерно-купольная структура ВТС с обязательным развитием отрицательной структуры в ее центре. 4. Наличие радиально-концентрической системы трещин. 5. Дифференцированный магматизм с обязательным участием кислых фаз. 6. Широкое развитие субвулканических тел и даек в центральной части ВТС. 7. Широкое развитие гидротермально измененных пород фаций пропилитов, аргиллизитов, адуляр-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов. 8. Шлиховые ореолы золота, галенита, сфалерита. 9. Повышенное количество (более 15%) пентагон-додекаэдров пирита в шлихах. 10. Повышенное содержание серебра (0,1 -10 г/т), сурьмы (30-300 г/т), свинца (40-300 г/т), меди (10-150 г/т) в электромагнитной фракции шлихов. 11. Потоки рассеяния серебра (более 5 г/т), золота (более 0,015 г/т) длиной 1-2 км. 12. Комплексные аномалии по потокам рассеяния с ранжированными рядами Ag,Pb,Zn,Au,Mn,Sn,Mo,Co,Cu,W диаметром 4-6 км. 13. Гидрохимические аномалии диаметром п км $IM > 0.2$ мкг/л, $Am > 0,01$ мкг/л, $Ag >$ следов. 14. Локальный максимум Ag сложной формы с амплитудой 2-20 мЛг 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дешифрирование КС м-ба 1:100000-200000 (1,2) 2. Дешифрирование АФС м-ба 1:50000(2,3,4,6) 3. Морфоструктурный анализ (1,2,3,4) 4. Гравиметрическая съемка м-ба 1:200000(14) 5. Магнитометрическая съемка м-ба 1:50000(15) 6. Аэрогаммаспектротрическая съемка м-ба 1:50000 (16) 7. Геологическое картирование м-ба 1:50000-200000(2-7) 8. Минералого-геохимическая шлиховая съемка (8-10) 9. Донное опробование (11,12) 10. Гидрогеохимическое опробование (13) 	<p>Геологическая съемка м-ба 1:50000-200000</p> <p>Общие специализированные поиски м-ба 1:50000-25000</p>

1	2	3	4
	15. Локальный максимум ДТ с амплитудой 1-15 мЛг. 16. Положительная аномалия калиевой доминанты радиоактивности.		
Локальные рудо-вмещающие структуры	1. Зоны крупноамплитудных тектонических нарушений и оперяющих их 2. Разломы радиально-концентрической системы. 3. Центральные части кальдер и их внутренние склоны 4. Пологие межилоскостные и межформационные срывы. 5. Трубки взрывных брекчий с гидротермальным цементом. 6. Поля и зоны интенсивного развития даек. 7. Линейные зоны аргиллизации, кварц-адуляр-гидрослюдистых метасоматитов. 8. Линейные аномалии Рк (минимумы) и ДТ (максимумы). 9. Наиболее высокие индикаторные отношения РАЭ (К/Th, KU/Th)	1. Дешифрирование АФС м-ба 1:50000-10000(1,2) 2. Специализированное геологическое картирование м-ба 1:10000 (1-7) 3. Электроразведка (1,2,4,7,8) 4. Магниторазведка (1,5-8) 5. Гаммаспектрометрия м-ба 1:10000-1000) (9) 6. Палеовулканические и палеогеоморфологические реконструкции (2,3,5,6) 7. Проходка поверхностных горных выработок и бурение картировочных скважин (1,2,5,6,7). 8. Электрокорреляция в межскважинном пространстве, а также между скважинами и поверхностью(1,2,4,7).	Специализированные общие и детальные поиски

Характер рудовмещающих структур в принципе определяет морфологию, а часто и масштабы рудных тел, которые являются главным объектом поисковых и разведочных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные автором исследования позволяют сделать следующие выводы.

Камчатско-Корякский регион является новой золоторудной провинцией мирового масштаба, что в ближайшем будущем позволит ему войти в число ведущих золотодобывающих районов России. Количественные и качественные характеристики золото-серебряных месторождений достаточны для того, чтобы оказать большое влияние на решение социально-экономических проблем Камчатской области и Корякского АО.

На основе собственных научных разработок и обобщения литературных данных по золото-серебряным месторождениям обрамления Тихого океана автором разработан прогнозно-поисковый комплекс (ППК) для поисков золото-серебряных объектов различного ранга в вулканических поясах Камчатки. Не вызывает сомнения, что основные перспективы расширения МСБ Камчатки связаны с обнаружением новых рудных полей и новых, в основном слепых рудных тел в пределах известных рудных полей. Поэтому при разработке ППК автор основное внимание уделил разработке критериев крупномасштабного и локального прогнозирования.

При крупномасштабном прогнозировании основными объектами прогноза являются рудные поля. Рудовмещающими структурами для рудных полей золото-серебряной формации являются ВТС центрального типа диаметром 10-30 км, сложенные магматическими образованиями базальт-андезит-риолитовой и андезит-дацит-риолитовой, реже - андезитовой формаций. Собственно рудные поля охватывают центральные части этих ВТС, характеризующиеся максимальным развитием жерловых фаций, дайковых, субвулканических и интрузивных тел. Выделение автором центрального (Узонского) типа структур ГТС позволяет выделять перспективные ВТС с потенциально рудоносными ГТС, для которых характерно развитие в центральной части палеовулканической постройки отрицательной формы рельефа. Благодаря хорошей сохранности рудовмещающих вулканических построек подобные структуры выделяются дистанционными методами даже при анализе топоосновы м-ба 1 : 500000 и космических снимков м-ба 1: 200000. Как показывает опыт, около 20% выделяемых таким образом ВТС включают месторождения промышленные или близкие к таковым.

В качестве основного объекта локального прогнозирования автор предлагает такое понятие, как локальная рудовмещающая структура. Особенностью локализации промышленного оруденения в пределах рудных полей золото-серебряной формации является концентрация 70-90% запасов металла в пределах 2-3 основных рудовмещающих структур. Автором разработана классификация вмещающих рудные тела структурных элементов

в зависимости от их формирования под влиянием региональных тектонических факторов или особенностей развития самих вулканических построек, в первую очередь процессов кальдеро- и куполообразования.

Учитывая относительно небольшой вертикальный размах промышленного оруденения, автором систематизированы критерии структурной и минералогической зональности золото-серебряного оруденения как основы для поисков слепых рудных тел и оценки эрозионного среза для определения глубины прогноза промышленной минерализации.

На основе изучения золото-серебряных месторождений Камчатки и современных гидротермальных систем автор предлагает модель близповерхностного рудообразования, объясняющую следующие особенности золото-серебряной минерализации:

- связь с дифференцированными палеовулканическими постройками с развитием инверсионных купольно-кальдерных структур;
- особенности вертикальной зональности золото-серебряной минерализации, в частности смену ее по падению полиметаллической;
- высокие содержания золота и серебра в рудах при крайне низких концентрациях их в рудообразующих растворах;
- метаколлоидные структуры жильных минералов и широкое распространение брекчиевых текстур даже в трещинах отрыва.

Список основных опубликованных работ автора по теме диссертации

1. Щепотьев Ю.М., Петренко И.Д., Вартамян С.С. Особенности геологического строения рудного поля в палеовулканической структуре. Тр. ЦНИГРИ, 1978г., вып. 133, стр 29-40.
2. Петренко И.Д. Основные структурные типы золото-серебряных месторождений в вулканических поясах Камчатки. Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Геология и методы прогнозирования месторождений серебра в вулканических областях", т.2, Магадан, 1983г., стр.43-44.
3. Петренко И.Д. О возрасте основной фазы рудной минерализации Центрально-Камчатского вулканического пояса. В кн. "Геологическое строение и полезные ископаемые Камчатки", Петропавловск-Камчатский, 1983, стр. 173-176.
4. Щепотьев Ю.М., Харченко Ю.И., Вартамян С.С., Петренко И.Д., Гузман Б.В., Фролов Ю.Ф. Геологические основы прогнозирования золото-серебряного оруденения Камчатки. Доклады школы передового опыта "Теоретические и методические основы прогноза, поисков и оценки золоторудных месторождений", ЦНИГРИ, 1983г. стр.11-13.
5. Петренко И.Д., Большаков Н.М. Структурная позиция и возраст золото-серебряного оруденения Южной Камчатки на примере Мутновского месторождения. Тихоокеанская геология, 1991, №5, с. 100-111.
6. "Ресурсный потенциал Камчатки", разделы "Минерально-сырьевые ресурсы" и "Горнодобывающая промышленность", Камчаткнига, 1994, стр.66-78, 155-160.
7. Петренко И.Д. Модель близповерхностного рудообразования в вулканических областях на примере золото-серебряных месторождений Камчатки и современных гидротермальных систем. Руды и металлы, 1998, №6, с.38-49.
8. Петренко И.Д. Строение вулканических построек как критерий их потенциальной рудоносности. Геология и полезные ископаемые Камчатской области и Корякского

- автономного округа. Материалы региональной научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 1999г., с.47-48.
9. Патока М.Г., Литвинов А.Ф., Петренко И.Д., Фролов Ю.Ф. Камчатка - новая золоторудная провинция России. Там же, стр. 71-72.
10. Петренко И.Д. К вопросу о структуре Мутновского геотермального района. Там же, с.105-106.
11. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. С-Петербург, КФ ВСЕГЕИ, 1999, 118с.
12. Петренко И.Д. Вертикальная зональность близповерхностных рудообразующих гидротермальных систем. Материалы XI сессии Северо-Восточного отделения ВМО «Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий», т. 2, с. 63-66, Магадан, СВКНИИ, 2001 г.
13. Петренко И.Д., Большаков Н.М., Гуменюк В.А., Полетаева А.А. Минералогическая, геохимическая и палеогидрогеохимическая зональность Мутновского рудного поля (Камчатка). Тихоокеанская геология, 2001, №6, с.103-108.
14. Апрельков С.Е., Петренко И.Д. Геотектоническая позиция вулканических поясов Камчатки и их рудоносность. «Геодинамика, магматизм и минералогия континентальных окраин севера Пацифики», XII годичное собрание Северо-Восточного отделения ВМО, Магадан, 2003, т.3, с.172-176.
15. Петренко И.Д. Особенности строения вулканогидротермальных структур как основа для прогнозирования золото-серебряного оруденения. II Всероссийский симпозиум по вулканологии «Вулканизм и геодинамика», Екатеринбург-2003, с.798-802.
16. Петренко И.Д. Влияние региональной тектоники на морфологию вулканических построек. Вулканология и сейсмология, 2004, №5, с. 1-5.
17. Petrenko I.D. Basic structural conditions of formation of ore-bearing hydrothermal systems. Proceedings on Russian-Japanese Field Seminar "Mineralization in Arc Volcanic-Hydrothermal Systems: from Model to Exploitation", Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, 1998, p. 19-24.
18. Petrenko I.D. Vertical zoning of the near-surface hydrothermal and gold-silver mineralization. The same book, p. 60-68.
19. Present Hydrothermal Systems and Epithermal gold-silver Deposits of Kamchatka. Field Excursion Guide. Of Russian-Japanese Field Seminar - 98 "Mineralization in Arc Volcanic-Hydrothermal Systems: from Model to Exploitation". Chapters: Structural position of the gold-silver deposits of Southern Kamchatka ore field. Rodnicovoye deposit. Mutnovskoye deposit. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1998, p. 65-98.
20. Gold Deposits of Kamchatka. Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of active continental Margins. Proceedings of the interim iagod conference, Vladivostok, 2004, p. 522-525.

Подписано в печать 14.10.2004 г.

Формат бумаги 60x90/16

Тираж 90 экз

Заказ № 30

Полиграфическая база ФГУП ЦНИГРИ,

117545, Москва, Варшавское шоссе, дом 129 Б

№ 18870

РНБ Русский фонд

2005-4

15437