

О ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТАЯ ГОРА (КАРАБАШСКОЕ)

В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов, О.М. Берлибле

Месторождение Золотая Гора вот уже много десятилетий привлекает внимание ученых в связи с необычными околорудными метасоматитами и высокомедистым составом самородного золота. Несмотря на расхождения в ряде вопросов касающихся генезиса месторождения, до недавнего времени всеми исследователями принималось положение о генетической связи золотого оруденения с необычными по составу породами хлорит-гранат-пироксенового состава, образующими линейные зоны среди серпентинитов Карабашского массива. Эти породы, аналогичные по минеральному составу родингитам – продуктам метаморфизма дайковых пород средне-основного состава, имеют своё собственное название – “хлограпиты”, под которым они рассматриваются как продукты апосерпентинитового метасоматоза [Соболев,

1952; Берзон, Фадеичева, 1973; Сазонов и др., 2002 и др.]. В последние годы появилась иная точка зрения на происхождение золотого оруденения этого месторождения, развивающаяся рядом исследователей из МГУ (Э.М. Спиридонов, П.А. Плетнев и др.) и предполагающая генетическую связь оруденения с процессом лиственитизации, отделенным от формирования родингитов внедрением гранитоидов гранодиоритового комплекса [Спиридонов, Плетнев, 2002; Плетнев, 2002]. Среди аргументов этой точки зрения указывается приуроченность оруденения к участкам лиственитизированных родингитов, сложенных кальцитом, хлоритом (пикнохлорит, Cr-пикнохлорит), доломитом, тальком, магнетитом и др., ассоциация медистого золота с прожилковым кальцитом, а также низкая температура отложения продуктивной

минерализации – 250-140°C (в основном при 200-170°C). В более ранних наших работах [Сазонов и др., 2002; Мурзин, Сазонов, 1999] было показано, что выделение лиственитизированных родингитов на месторождении Золотая Гора является необоснованным ни по геологической позиции оруденения, ни по минеральному составу указанной ассоциации нерудных минералов. Данная статья посвящена температурному режиму формирования хлорит-гранат-пироксеновых пород и связи с ними собственно золоторудной минерализации.

Детальное описание месторождения и рудной минерализации можно найти в ряде опубликованных статей [Ложечкин, 1935; Переляев, 1948; Берзон, Бородаевский, 1984 и др.], а также фондовых материалах (отчеты М.П. Ложечкина, Н.И.Бородаевского, А.П.Переляева и др.). Наиболее современное минералого-петрографическое исследование проведено Э.М.Спиридоновым и П.А.Плетневым в перечисленных выше работах. Здесь отметим лишь наиболее общие моменты, отражающие основные этапы становления оруденения.

Золотое оруденение изученного месторождения локализовано в субмеридиональных тектонических зонах среди гипербазитов, вмещающих жиллообразные тела пород хлорит-гранат-диопсидового состава (хлограпитов) мощностью до 3 м. Эти породы имеют разнообразную окраску, которая зависит от неравномерного распределения породообразующих минералов. Переходы между разностями пород постепенные и какие-либо закономерности в распределении их указать трудно. Местами в них присутствуют ксенолиты антигоритовых серпентинитов как макро-, так и микроскопических размеров. Одним из основных элементов строения тел хлограпитов, определяющего положение рудных столбов, является наличие в них участков внутрирудных деформаций преимущественно субширотного простирания и южного падения. Вдоль этих трещин породы перекристаллизованы с формированием прожилков лестничного типа более крупнозернистых диопсида и небольшого количества граната и хлорита, а также вновь образованных выделений кальцита и кристаллов магнетита. Перекристаллизация пород местами сменялась переотложением вещества и перемещением его вдоль трещин в боковые серпентиниты на расстояние до 2 м в виде диопсидовых жил мощностью до 10 см. Прилегающие к хлограпитам серпентиниты

часто также интенсивно хлоритизированы по сети тонких трещин. Хлоритовые прожилки, вместе с диосидовыми и диопсид-хлоритовыми, формируют оторочки вдоль тел хлограпитов, максимальная мощность которых достигает 1,5 м в лежащем боку тел. Еще позднее и слабее проявлено подновление трещиноватости, которое привело к образованию тонких (редко до нескольких см) прожилков, сложенных кальцитом и магнетитом, а в боковых породах также и хлоритом.

Все ранние исследователи отмечают, что максимальные содержания медистого золота связаны с поперечными прожилками, в которых его частицы, как правило, выполняют трещины спайности в диопсиде или цементируют листоватую массу хлорита, иногда образуют вроски в гранате, магнетите. Аналогичные соотношения с указанными минералами характерны и для поперечных прожилков, выходящих за пределы тел хлограпитов, а также для хлограпитов лишенных их. В последнем случае содержания золота становятся непромышленными на уровне 1-1,5 г/т. В монолитных изометричных выделениях медистого золота, извлеченных из протолок проб диопсидовых прожилков, мы неоднократно фиксировали многочисленные разноориентированные вроски кристаллов диопсида. Нередки были находки частиц золота и в кальците, однако отмечается, что “соотношения их остались не вполне ясными” (фондовые материалы Н.И.Бородаевского и др., 1946). А.П.Переляев частицы золота в кальците не фиксировал, однако указывал на их находки М.П.Ложечкиным по плоскостям спайности этого минерала [Переляев, 1948]. На преимущественную приуроченность частиц медистого золота к кальцитовым прожилкам и их зальбандам указывается в работе [Спиридонов, Плетнев, 2002]. Нами выделения золота в карбонате встречены только на стенке полости в диопсид-хлоритовой массе, заполненной кальцитом. Золото желтого цвета, которое имеет среднюю пробу 826-877 и не содержит существенной примеси меди, развито в оталькованных и хлоритизированных серпентинитах между восточным и западным телами хлограпитов [Спиридонов, Плетнев, 2002]. Столь неоднозначная трактовка карбоната как носителя медистого золота обусловлена, по-видимому, еще слабой изученностью этого вопроса при существенном искажении представительности образцов с золотом в отвалах выработок.

Э.М. Спиридонов и П.А. Плетнев [Спиридонов, Плетнев, 2002] выделяют следующие рудные ассоциации в рудах Золотой Горы:

1) ранняя – магнетит, халькозин, маухерит, самородная медь;

2) промежуточная – халькозин, маухерит, никелин, миллерит, гринокит;

3) поздняя – (антимонидовая) – брейтгауптит, самородные сурьма и свинец, нисбит (NiSb_2), сейяйнокит (FeSb_2), ульманнит (NiSbS), купростибит (Cu_2Sb), златогорит (CuNiSb_2), гудмундит (FeSbS), галенит;

4) наиболее поздняя (продуктивная) – самородная медь, аурикуприд (Cu_3Au), купроаурид (AuCu), минерал CuAu_3 , минерал Cu_2Au_3 , Hg-электрум, Hg-кюстелит, Hg-серебро, Hg – золото (проба 815-853).

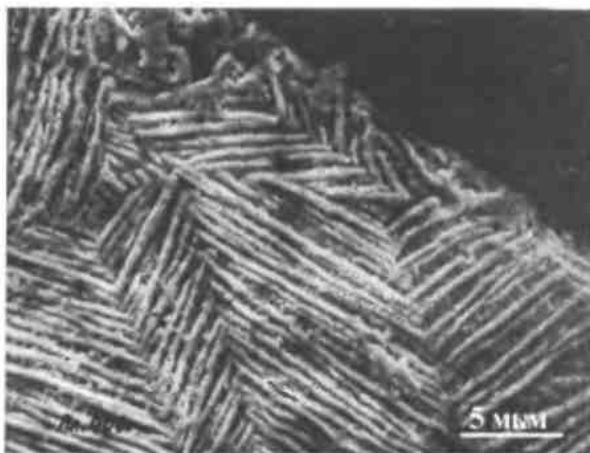
Первые оценки температур кристаллизации медистого золота изученного месторождения сделаны нами на основе исследования его твердофазных превращений в процессах природного отжига [Мурзин, Сустанов, 1989]. В частности было показано, что золото-серебро-медные твердые растворы испытали распад на бинарные кубические золото-серебряную и золото-медную фазы (твердые растворы на базе курнаковских соединений AuCu и AuCu_3), а последние в дальнейшем испытали упорядочение с переходом в кубический AuCu_3 и тетрагональный AuCu с точками перехода для стехиометрических составов, соответственно 390 и 410°C (рис. 1). Именно эти значения температуры были нами приняты как минимальные для основной массы медистого золота, тем более, что многие из изученных фаз имели строго стехиометрический состав. Кроме того, было замечено, что фазовый состав золотин, извлеченных из протолок проб руды оказывался достаточно стабильным в пределах каждой пробы, что позволяет принять данные валового пробирного анализа золота, приведенные в различных литературных источниках (М.П. Ложечкина,

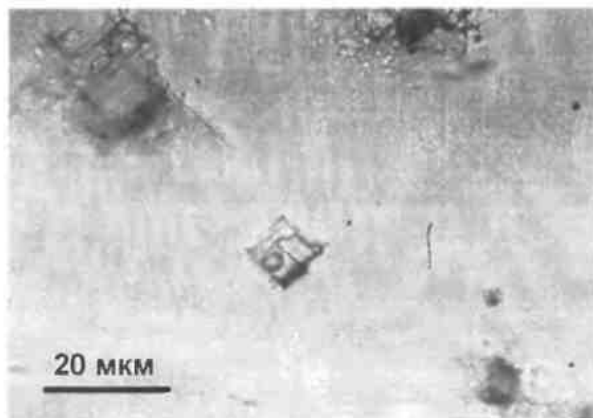
А.П. Переляева и др.), в качестве исходного состава золото-серебромедных твердых растворов. На диаграмме Au-Ag-Cu пробирные анализы золота располагаются дискретно вблизи полей AuCu и AuCu_3 и попадают в температурное поле 400-600°C [Мурзин, 1983]. Фаза Au_3Cu , образующая каски обрастания и замещения на выделениях AuCu и AuCu_3 , по-видимому, наиболее поздняя. Температура ее образования оценена как менее 240°C, отвечающей на фазовой диаграмме температуре перехода в упорядоченное состояние [Спиридонов, Плетнев, 2002]. Однако данное допущение не является оправданным, поскольку упорядоченное состояние этой фазы в природе еще не доказано ни одним из исследователей, а “минерал Au_3Cu ” не зарегистрирован как минеральный вид. Изученное нами в описываемом месторождении золото, близкое по составу к Au_3Cu (8-17 мас.% Cu), оказывалось либо твердым раствором на базе пересыщенного золотом AuCu (устойчив в диапазоне температур 240-400°C), либо оказывалось кубической фазой с неуставленной упорядоченной структурой [Мурзин, Сустанов, 1989]. Кубический же твердый раствор подобного состава устойчив при температуре, превышающей 240°C.

Низкая температура отложения продуктивной минерализации – 250-140°C, приведенная в работе [Спиридонов, Плетнев, 2002] базируется также на значениях температур гомогенизации газовой-жидких включений (ГЖВ) в кальците. К сожалению, авторы не привели описания ни фазового состава этих включений, ни признаков их отнесения к первичным, ни типа гомогенизации, что делает неоправданным отождествление температур гомогенизации (T_g) температурам минералообразования (T_m). Общеизвестным является положение, что даже для

Рис.1 Чередование индивидов упорядоченного тетрагонального AuCu , образовавшегося путем роста их из твердого раствора и снятием деформаций по механизму антифазного двойникования.

Снимок травленого среза золотины (растровый электронный микроскоп MSM-5, аналитик В.Н. Филиппов).





заведомо известного первичного включения и даже при наиболее высоком значении его T_f для определения T_m требуется введение "поправки на давление" при консервации этого включения [Реддер, 1987 и др.]. Причем при высоких давлениях эта поправка может быть даже выше самой T_f .

Мы провели исследование методом гомогенизации 97 газово-жидких включений из различных минералов хлограпитов, диопсидовых и кальцитовых прожилков. Флюидные включения размерами от 55×12 мкм до 3×3 мкм и менее обнаружены в кальците, диопсиде, хлорите, гранате. Первичные включения более крупные и, как правило, произвольно локализованы в массе минералов, часто имея форму "отрицательных кристаллов" (рис. 2). В залеченных трещинах присутствуют скопления мнимовторичных объемных или уплощенных включений сложных очертаний – конусных, округлых, угловатых сложных форм (рис. 3). По фазовому составу резко преобладают двухфазовые существенно водные включения (65-95% вода + 35-5% газовый пузырек) и лишь в некоторых из них появляется небольшое количество жидкой углекислоты.

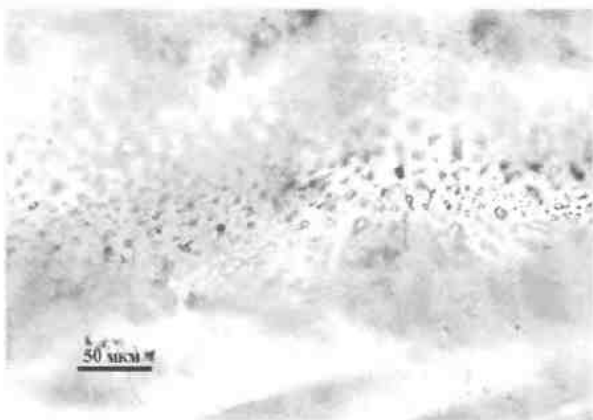


Рис.2 Первичное газово-жидкое включение в кальците в форме отрицательного кристалла.

Гомогенизация ГЖВ происходит всегда и жидкую фазу в достаточно широком диапазоне температуры – $115-325^\circ\text{C}$ (рис.4). Признаки гетерогенизации гидротермального флюида, выражающиеся в присутствии разнонаполненных включений, гомогенизирующихся то в жидкую, то в газовую фазу, не зафиксированы. Весьма показательным являются относительно низкие значения температур гомогенизации включений, большинство из которых имеет $T_f = 140-220^\circ\text{C}$ не только из наиболее позднего кальцита, но и из минералов ранних хлограпитов, что явно не соответствует температуре формирования сходных парагенезисов в родингитах, оцененной в $370-450^\circ\text{C}$ [Плюснина и др., 1991]. Более того, наиболее высокие значения T_f , формирующие на гистограмме обособленную группу в диапазоне $250-330^\circ\text{C}$, характеризуют включения в хлорите из существенно диопсидового прожилка, рассекающего мелкозернистый хлограпит с включениями, имеющими $T_f = 140-200^\circ\text{C}$ (образец Зр-1270).

Удовлетворительное объяснение низким температурам гомогенизации ГЖВ можно объяснить лишь достаточно высоким стартовым давлением формирования хлограпитов, когда T_f может быть значительно ниже T_m . Для значений T_f в диапазоне $150-250^\circ\text{C}$ и солёности гидротермального флюида 5-10% NaCl (оценки Э.М. Спиридонова для ГЖВ из кальцита – 4-8% экв. NaCl) величина поправки на давление к T_f в жидкую фазу составляет $80-90^\circ\text{C}/1$ кбар [Клевцов, Леммлейн, 1959]. Уже при допущении давления минералообразования в 2 кбар T_m достигнет 400°C , а если же принять его 4-5 кбар [Спиридонов, Плетнев, 2002], то T_m будет существенно выше указанной величины. Более точные оценки на данной стадии изучения невозможны, так как помимо основных компонентов – H_2O и CO_2 – флюид может содержать значительные количества других газов, влияющих

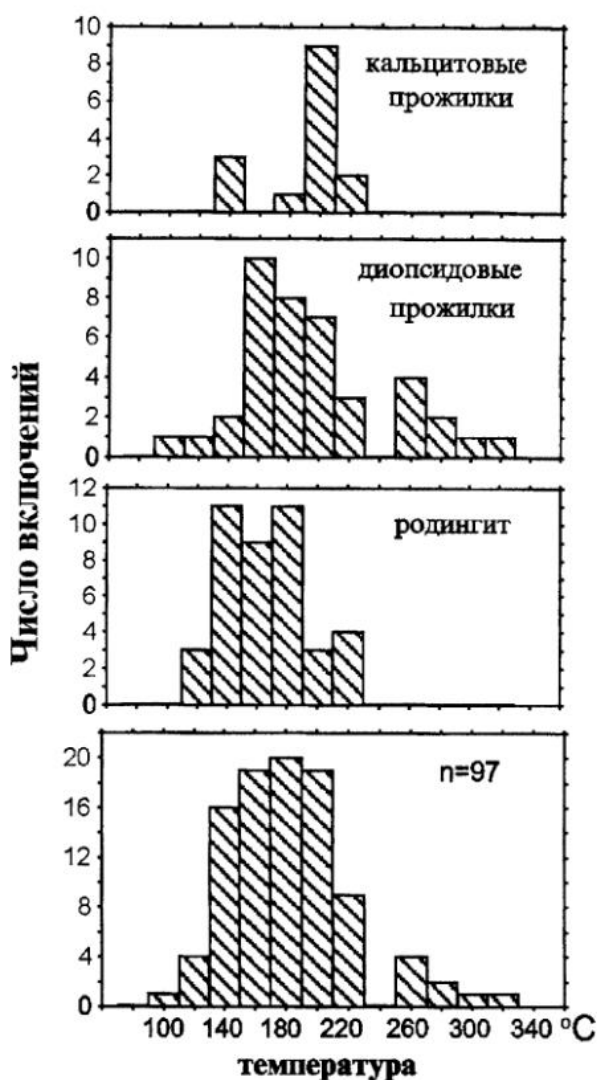
Рис.3 Скопление мнимовторичных включений в залеченной трещине кальцита.

Рис. 4. Гистограммы распределения температуры гомогенизации газово-жидких включений из минералов равномернозернистых хлограпитов, существенно диопсидовых и кальцитовых прожилков, а также всех включений в целом.

на величину поправки на давление (в нашем случае особенно реально присутствие CH_4).

При отсутствии оснований для предположения о дополнительном разогреве флюида в период образования прожилков диопсида (например поступление новой порции горячего флюида) данные об особенностях распределения T_f включений в образце Зр-1270 логично трактовать как эволюцию РТ-условий гидротермальной системы в этот период в изотермическом режиме на фоне последеформационного снижения давления. Возникший режим термостатирования был благоприятен для явлений перекристаллизации вещества и формирования рудных столбов. Отсутствие же признаков гетерогенизации флюида в период последующих внутрирудных деформаций и отложения карбонат-магнетитовой массы свидетельствует о повышенном давлении и в самые заключительные стадии формирования хлограпитов. По меньшей мере, оценки давления при образовании кальцита менее 0,5 кбар [Плетнев, 2002] кажутся несколько заниженными. Однако, даже с учетом поправки к T_f на давление 0,5 кбар отложение кальцита происходило при температуре не ниже 200-250°C.

Таким образом, приведенные данные показывают, что пока нет существенных оснований пересматривать ранние представления о связи медистого золота месторождения Золотая Гора с формированием метасоматитов хлорит-гранат-пироксенового состава и их относительно высокотемпературном режиме его отложения. Начальная температура кристаллизации золото-серебро-медных твердых растворов в хлограпитах в диапазоне 400-500°C отвечает оценкам температурного режима формирования классических родингитов и антигоритовых серпентинитов. Основная часть медистого золота, представленного AuCu и AuCu_2 , отлагалась в диопсидовых прожилках в режиме близком к термостатическому. Кальцитовые прожилково-гнездовые образования, с которыми



связана часть частиц самородного золота, являются продуктом заключительной стадии развития хлограпитового рудно-метасоматического процесса, закончившегося при температуре не ниже 200-250°C.

Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (грант 04-05-64679 а)

Список литературы

Берзон Р.О., Фадеичева И.Ф. особенности метасоматических преобразований на золоторудном месторождении Золотая Гора // Метасоматизм и рудообразование. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. С. 63-67.

Берзон Р.О., Бородаевский Н.И. Месторождение Золотая Гора // Золоторудные месторождения СССР. Т. 1. М.: Недра, 1984. С. 187-195.

Клевцов П.В., Леммлейн Г.Г. Поправка на давление к температурам гомогенизации водных растворов // Докл. АН СССР. 1959. Т. 128. № 6. С. 1250-1253.

Ложечкин М.П. Карабашское месторождение медистого золота // Тр. УФАИ СССР. Вып. 4. 1935. С. 35-44.

Мурзин В.В. Состав самородного золота Урала и его типоморфное значение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 57 с.

Мурзин В.В., Сазонов В.Н. Происхождение оруденения с медистым золотом в альпинотипных гипербазитах // Докл. РАН. 1999. Т. 366. № 6. С. 797-798.

Мурзин В.В., Сустанов С.Г. Твердофазные превращения в природном медистом золоте // Известия АН СССР. Сер. геол. 1989. № 11. С. 94-104.

Переляев А.П. Месторождение Золотая Гора // 200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск: УФАИ СССР, 1948. С. 285-295.

Плетнев П.А. Генетическая минералогия медистого золота гидротермальных месторождений на примере Золотой Горы (Урал): Автореф.... дис. канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2002. 20с.

Плюснина Л.П., Некрасов И.Я., Лихойдов Г.Г. Петрогенезис родингитов Верхоянско-Чукотской области // Известия АН СССР. Сер. геол. 1991. № 8. С. 38-50.

Рёддер Э. Флюидные включения в минералах. Т.1. М.: Мир, 1987. 560 с.

Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Огородников В.И. и др. Золотое оруденение, сопряженное с альпинотипными ультрабазитами // Литосфера. 2002. № 4. С. 63-77.

Соболев Н.Д. Ультрабазиты Большого Кавказа. М.: Госгеолтехиздат, 1952. 240 с.

Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая Гора (о золото-родингитовой формации). М.: Научный мир, 2002. 220 с.