

По геохимическим данным в пределах рассматриваемого участка выделяются внутренняя (ядерная), промежуточная и внешняя (фронтальная) зоны, которые имеют различные размеры, состав и степень концентрации главных и сопутствующих элементов. Для ядерной зоны концентрирования характерны ассоциации золота, серебра, меди, висмута, вольфрама, олова, в которых эти элементы достигают максимальных концентраций. Промежуточная зона АСГП не фиксируется повышенными значениями элементов, но четко отделяет ядерную зону от фронтальной. Во фронтальной зоне концентрируются кобальт, никель, хром и ванадий при некотором повышении содержания остальных элементов (рис.).

Результаты распределения ассоциаций элементов показали, что они образуют топологически замкнутую зональную геохимически ореольную систему, имеющую концентрически-зональную структуру на уровне месторождения. Зональность выражена в распределении высококонтрастных ореолов одних элементов в центральной части рудообразования, а других по периферии.

В целом, золото-скарновое оруденение на изучаемой площади сопровождается во вторичном геохимическом поле ассоциациями (Au,Ag,Mn), (Cu,Zn,Bi,W,Sn) и (Co,Ni,Cr,V). Наиболее благоприятны для поисков этого оруденения участки пространственного совмещения нескольких геохимических ассоциаций, которые формируют во вторичном геохимическом поле аномальную геохимическую структуру концентрического строения.

Литература

1. Ворошилов В.Г. Аномальные структуры геохимических полей гидротермальных месторождений золота: механизм формирования, методика геометризации, типовые модели, прогноз масштабности оруденения // Геология рудных месторождений. – 2009. – Т. 51, № 1. – С. 3 – 19.
2. Бедарев Н.П., Гусев А.И. Геология и золотоносность Топольнинского рудного поля Горного Алтая // Руды и металлы. – Москва, 1998. – № 2. – С. 100 – 109.
3. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – 294 с.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ИЗУЧЕНИЯ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ СКАРНОВ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

О.В. Логвиненко

Научный руководитель профессор В.Г. Ворошилов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель данной работы изучить физико-химические параметры рудообразующего флюида Топольнинского рудного поля, систематизировать полученные данные и соотнести их с результатами текстурно-структурного и минераграфического анализа, обобщить полученные результаты с опубликованными данными.

Краткая геологическая характеристика.

Топольнинское рудное поле находится на севере Горного Алтая и относится к перспективной золото-скарновой рудной формации. Рудопроявления локализованы в экзоконтактах одноименной гранитоидной интрузии, прорывающей терригенно-карбонатные толщи силура и девона. Золоторудная минерализация прослеживается по всему разрезу скарнированных пород.

В процессе изучения в скарновых рудах было установлено более 30 минералов. Основные породообразующие минералы это гранаты, пироксены, волластонит, скаполит, эпидот, кальцит, амфиболы и хлориты. Среди рудных отмечаются пирит, арсенопирит, пирротин, молибденит, халькопирит, сфалерит, галенит, борнит, халькозин и ковеллин. В виде мелких включений и просечек присутствуют разнообразные сульфиды, блеклые руды, сульфосоли и теллуриды. Рентгеноспектральным микроанализом нами впервые для рудного поля установлены: герсдорфит $(\text{Fe}_{0,17}\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,36})\text{As}_1\text{S}_{0,93}$, цумоит $\text{Bi}_{1,02}\text{Te}_1$, гессит $\text{Ag}_{1,81}\text{Te}_1$, кобальтин $\text{Co}_1\text{As}_{1,08}\text{S}_{1,19}$, скиннерит $\text{Cu}_{2,82}\text{Sb}_1\text{S}_{3,08}$, раклиджит $(\text{Bi}_{1,97}\text{Pb}_1)_{2,97}\text{Te}_{4,02}$, ульманит $\text{Ni}_1\text{Sb}_{1,35}\text{S}_{1,38}$, поубаит $\text{Pb}_1\text{Bi}_{1,71}(\text{Se}_{0,56}\text{Te}_{0,14}\text{S}_{3,85})_{4,55}$, невскит $\text{Bi}_{0,99}(\text{Se}_{0,44}\text{S}_{0,27})$, самородный висмут.

Золото зафиксировано в виде ультрамелких включений в молибдените, в борните и в ассоциации с теллуридными минералами. Размер включений варьирует от 5 до 20 мкм. Химический состав золотин изменяется в пределах: Au – 60,36...90,06 мас. %, Ag – 7,98...35,09 мас. %, Fe – 0,20...3,09 мас. %, Cu – 0,30...1,73 мас. %. Среднее значение микротвердости по 7 замерам – 92,845 кгс/мм².

По результатам минераграфического анализа в пределах рудного поля выявлено четыре продуктивных стадий минерализации: золото-молибденит-кварц-кальцитовая; кварц-арсенопирит-пиритовая-кальцитовая, кварц-хлорит-полиметаллическая-эпидот-амфибол-кальцитовая и золото-теллуридно-сульфотеллуридно-сульфидная.

На завершающих стадиях образовались кварц-карбонатные прожилки и гипергенные карбонаты (лимонит, малахит, азурит).

Методика и результаты исследований.

Методами термобарогеохимии изучались состав и температура минералообразующих флюидов Топольнинского рудного поля. Наибольшее количество газово-жидких включений было найдено в кальците, в подчиненном количестве включения исследовались в кварце, эпидоте, волластоните и гранате. Следует отметить, что в последних, включения встречаются крайне редко и имеют субмикронные размеры, что затрудняет их диагностику и проведение самого термобарогеохимического исследования.

Изучение флюидных включений проводилось в полированных пластинах с использованием термокриокамеры фирмы «Linsam» (Англия) по стандартной методике, предусматривающей регистрацию температур всех фазовых переходов в процессе замораживания и нагревания образца от -180 до $+500$ °С. Образцы для исследования отобраны на таких интервалах, где исключительным развитием пользуется минерализация только одной из стадий рудоотложения, что позволяет достаточно точно определить относительное время образования флюидных включений в истории формирования рудного поля. Таким образом, замеры температур фазовых переходов выполнялись в каждой пластинке для 3-13 одновозрастных включений (син – либо эпигенетических), отличающихся по размеру и соотношению фаз в вакуоли. Так как изученные включения не содержат минералов-узников, состоят из водных растворов солей слабой или умеренной концентрации, а в газовой фазе при охлаждении не проявили признаков низкокипящих газов (CO_2 , CH_4 и др.), то для них определялись следующие температуры: температура эвтектики (температура начала плавления льда для мелких включений) и температура полного плавления льда. По температуре эвтектики можно судить о фазовом составе основных солевых компонентов. Растворы, имеющие $T_{\text{эвт}}$ ($45-54$ °С), могут содержать преимущественно CaCl_2 с примесями хлоридов NaCl , KCl и MgCl_2 . $T_{\text{эвт}}$ ($32-37$ °С) соответствуют растворам с MgCl_2 , $\text{MgCl}_2+\text{NaCl}$, MgCl_2+KCl . Для растворов с NaCl характерны температуры эвтектики ($21,3 - 23,5$ °С). По температуре плавления льда рассчитывалась суммарная концентрация солей. Гомогенизация подавляющей части включений идет по первому типу, то есть в жидкую фазу.

Полученные данные показали, что формирование кальцитовых прожилков с вкрапленной сульфидной минерализацией происходило при температурах $310-150$ °С, при этом, как показано на гистограмме распределения температур гомогенизации, выделяются два интервала температур $310-200$ °С (кальцит с арсенопирит-пиритовой минерализацией) и $190-150$ °С (апоскарновые метасоматиты с пирротинном). Отмечено что, кальцитовые прожилки с молибденитом секутся прожилками выше описанных ассоциаций. Интервал температур гомогенизации для кальцит-молибденитовых прожилков – $250-150$ °С; для флюидных включений в кварцевой жиле в березитах – $240-187$ °С.

По результатам криометрических исследований установлено колебание солёности во включениях в широком диапазоне, при этом однозначно прослеживается тренд снижения солёности по мере уменьшения температуры. Так для включений из кальцита с арсенопиритом и пиритом солёность колеблется от $19 \dots 11$ масс. % NaCl -экв. Включения в кальцитах метасоматитов по солёности разделились на две области: метасоматиты с эпидотом и пирротинном имеют солёность – $18 \dots 8$ масс. % NaCl -экв., хлорит-амфиболовые – $10 \dots 5$ масс. % NaCl -экв. Солёность включений в кварце из березитов колеблется от 9 до $4,5$ масс. % NaCl -экв. Солёность флюидных включений в кальците молибденосодержащих прожилков колеблется от $13 \dots 6$ масс. % NaCl -экв. Для последних характерно увеличение солёности при понижении температуры.

Выводы.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что кальцитовые прожилки с несущей сульфидной минерализацией формировались в несколько этапов:

- наиболее ранне образованные кальцитовые прожилки с молибденитом формировались при температурах $250 \dots 150$ °С и солёности $13 \dots 6$ масс. % NaCl -экв. Кристаллизация осуществлялась из водно-хлоридных растворов, содержавших в своем составе растворенные соли Mg , Na и K .

- кварц-арсенопирит-пирит-кальцитовый комплекс образовался при температурах $310 \dots 150$ °С и солёности $19 \dots 11$ масс. % NaCl -экв. Образующие его водно-солевые растворы содержали преимущественно Ca и Na .

- формирование кварц-полисульфидно-эпидот-амфибол-кальцитового комплекса происходило при температурах $190 \dots 150$ °С. По солёности, на фоне понижающейся температуры, разделяются две области метасоматитов: среднетемпературные пирротин-эпидот-кальцитовые с солёностью $18 \dots 8$ масс. % NaCl -экв., и хлорит-амфиболовые с сульфидами с солёностью $10 \dots 5$ масс. % NaCl -экв. В составе раствора отмечается присутствие хлоридов Mg , K и Na .

- березиты образовались при температурах $240 \dots 187$ °С и солёности включений $9 \dots 4,5$ масс. % NaCl -экв.

Сравнивая полученные данные с результатами, изложенными в работах [1] по месторождению Синюхинское и золото-скарновым полям Горного Алтая и Горной Шории, рудообразующие флюиды имеют схожий состав и температуру образования флюидных включений. Таким образом, в пределах рудного поля можно ожидать схожий тип оруденения.

Литература

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и юга Горной Шории. Автореферат дис. ... докт. геол.-минер. наук. – Томск, 2006 г.