

Мурзин В. В., Шанина С. Н. Флюидный режим формирования и происхождение золотоносных родингитов Карабашского массива альпинотипных гипербазитов на Южном Урале // Геохимия, 2007. № 10. С. 1085–1099.

Сначев В. И., Рыкус М. В., Ковалев С. Г., Высоцкий И. В. Новые данные по золотоносности западного склона Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1996. 29 с.

**В. В. Зайков¹, И. Ю. Мелекесцева¹, В. А. Котляров¹, А. А. Монгуш²,
Р. В. Кузугет²**

¹ – Институт минералогии УрО РАН, Миасс
zaykov@mineralogy.ru

² – Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
г. Кызыл, amongush@inbox.ru

Алдан-Маадырская золоторудная зона на западном фланге Саяно-Тувинского разлома

Алдан-Маадырская золоторудная зона располагается в области сочленения Западного Саяна с Тувинским прогибом и имеет вид полосы шириной 5–6 км, вытянутой в ВСВ направлении на 20 км [Зайкова, Зайков, 1969]. Этот район сложен силурийскими и ордовикскими отложениями, смятыми в линейные изоклинальные складки ВСВ простирания. В ядре горст-антиклиналей находятся клинья кембрийских отложений и гипербазитов. Геолого-минералогические исследования на данной территории проводились в 1952–1976 гг. В. М. Бондаревым, Г. М. Владимирским, В. А. Исаковым, М. И. Ермошиным, В. В. Зайковым, Е. В. Онуфриевой, В. И. Забелиным, В. И. Лебедевым, Б. Д. Васильевым и др.

В 2008 г. после длительного перерыва авторами были продолжены работы на Улуг-Саирском и Хаак-Саирском месторождениях с целью исследования состава золота и определения перспектив золоторудной минерализации. Состав минералов определялся на электронных микроскопах РЭММА-202МВ с энергодисперсионной приставкой и JEOL-733 (ИМин УрО РАН, аналитики В. А. Котляров, Е. И. Чурин).

В Алдан-Маадырской зоне выявлено 5 рудных полей, принадлежащих золотолиственитовому, золото-березитовому и турмалин-золото-кварцевому типам (рис. 1). Наиболее четко их связь проявлена на Хаак-Саирском и Улуг-Саирском рудных полях, приуроченных к единой разрывной структуре на западном фланге Саяно-Тувинского разлома. Исходя из проявления на месторождениях и в экзоконтакте Сютхольского гранитного массива боросодержащего оруденения в виде турмалина и аксинита, возраст золотого оруденения Алдан-Маадырской зоны определяется как ранний девон.

Хаак-Саирское месторождение находится на западе Алдан-Маадырской зоны на левобережье р. Алаш. На месторождении выделено пять участков развития золото-кварцевых жил среди лиственитов, эффузивов и конгломератов нижнего кембрия. В формировании оруденения Б. Д. Васильевым [Рудные..., 1981] выделено несколько этапов: лиственитовый, пирит-кварцевый, кварц-анкерит-сульфосольный, кварц-турмалин-аксинитовый. Выделения золота приурочены обычно к сульфидам и сульфосолям и имеют размер 0.5–2 мм. Рудные минералы (в лиственитах и жилах) представлены

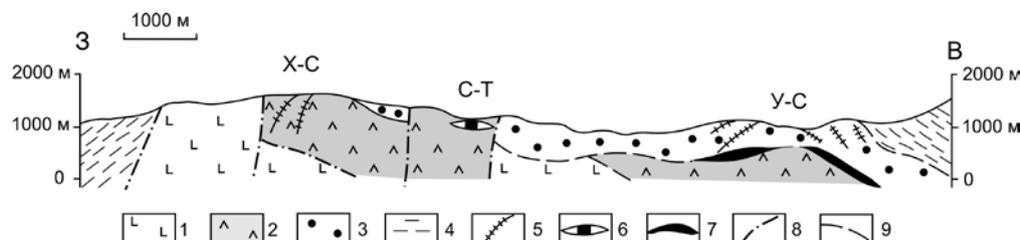


Рис. 1. Схематический продольный разрез через Алдан-Маадырскую золоторудную зону. Составил В. В. Зайков.

1 – базальты (венд-кембрий); 2 – листвениты и альпинотипные гипербазиты; 3–4 – ордовикские отложения: 3 – конгломераты, 4 – алевролиты; 5 – золото-кварцевые жилы и турмалиновые метасоматиты; 6 – золотоносные листвениты; 7 – предполагаемые рудные тела на контакте лиственитов и конгломератов; 8 – разломы; 9 – геологические границы предполагаемые.

Золотоносные участки: X-C – Хаак-Саирский; C-T – Сары-Ташский; Y-C – Улуг-Саирский.

пиритом, пирротинном, халькопиритом, киноварью, самородным золотом, электромом, ртутьсодержащим кюстелитом, серебром, аргентитом, галенитом, тетраэдритом, арсенопиритом, фрейбергитом, борнитом, энаргитом, бурнонитом, тетрадимитом, висмутином, герсдорфитом, пентландитом, никелином, кобальтином, никельскуттерудитом, рутилом, шеелитом.

Акцессорные и гипергенные минералы представлены цирконом, шеелитом, рутилом, касситеритом, халькозином, ковеллином, купритом, самородной медью, церусситом, скородитом, эритрином, аннабергитом, непуитом, гетитом, малахитом, азуритом.

На одном из участков месторождения (Сарыташ-Центральный) установлены повышенные содержания кобальта (0.01–0.03 %) и никеля (0.1–0.3 %).

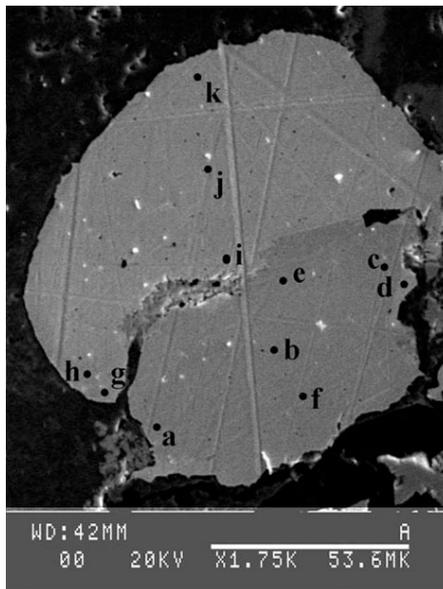
Авторами исследовано золото из двух участков: окварцованных сульфидизированных лиственитов (канавка 111) и развалов кварцевой жилы № 7. Форма золотин преимущественно уплощенная, комковатая, проволоочная, крючковатая, очень редко встречаются формы в виде октаэдра и уплощенной тетрагональной призмы. Под микроскопом золото представлено тонкими (1–2 мкм) прожилками и ксеноморфными агрегатами размером до 100 мкм в длину в интерстициях между нерудными минералами. Ксеноморфные агрегаты бывают субизометричными, удлиненными, почковидными, с ровными границами за счет кристаллографических очертаний ранее образованных карбонатных кристаллов.

Под микроскопом хорошо заметно неоднородное строение многих агрегатов золота, выраженное прерывистыми каймами толщиной от 1–3 до 10–20 мкм или изометричными или удлиненными участками белого цвета с повышенной отражательной способностью. Иногда встречаются полностью белые зерна с реликтами желтого цвета. Повышение отражательной способности и изменение цвета золота обычно связано с примесями серебра [Чвилева и др., 1988], что и было зафиксировано в химическом составе золотин (рис. 2).

Состав золота месторождения Хаак-Саир можно разделить на пять групп:

1) высокопробное золото с содержаниями серебра до 5 мас. % (Au 95.08–99.80 мас. %, Ag 4.46–0.00 мас. %),

Рис. 2. Сrostок серебристого золота (точки *g-k*) и ртутистого электрума (точки *a-c, e, f*). Точка *d* соответствует реликтовой кайме высокопробного золота в ртутистом электруме. СЭМ-фото (РЭММА-202МВ, ИМин УрО РАН, аналитик В. А. Котляров).



2) серебристое золото с содержанием серебра до 15 мас. % и небольшой примесью меди (Au 84.36–94.60 мас. %, Ag 15.40–4.53 мас. %, Cu 0.02–0.86 мас. %),

3) ртутистый электрум (Au 51.04–77.49 мас. %, Ag 37.08–15.91 мас. %, Hg 11.83–5.36 мас. %),

4) кюстелит (Ag 51.38–43.77 мас. %, Au 48.60–55.88 мас. %),

5) ртутистый кюстелит (Ag 50.25–72.76 мас. %, Au 12.65–44.14 мас. %, Hg 4.76–15.69 мас. %).

Улуг-Саирское месторождение расположено в 7–11 км восточнее месторождения Хаак-Саир и приурочено к сводовой части Улуг-Саирской антиклинальной структуры ВСВ простираения, сложенной базальными конгломератами ордовика [Зайкова, Зайков, 1969]. Площадь месторождения (1 × 4 км) представляет собой поле развития продольных и диагональных жил, различных по размеру, морфологии, типу кварца. На месторождении выделено несколько этапов рудообразования, обусловивших формирование самородного золота. Спецификой этого рудного объекта является неоднократно проявленная турмалинизация, выраженная в комплексных кварц-турмалиновых и турмалин-кварцевых прожилках с включениями циркона, граната, шееелита и вольфрамсодержащего рутила. Предполагается, что золото-кварцевые жилы являются вестниками оруденения, залегающего на глубине 200–500 м в кровле массива лиственитизированных гипербазитов.

Авторами было исследовано золото из турмалин-сульфидно-кварцевых жил №№ 4, 8 и 10. Золото приурочено к кварцу, редким выделениям сульфидов и контактам кварца с турмалином. Размер золотинок достигает 1.5 мм. Микроскопически золото представлено ксеноморфными зёрнами, которые ассоциируют с кристаллами пирита, халькопирита, галенита и выделениями гетита.

По химическому составу золото Улуг-Саирского месторождения можно разделить на две группы:

1) серебристое золото с примесью меди и железа (Au 80.06–96.47 мас. %, Ag 16.86–4.37 мас. %, Cu 0.08–2.02 мас. %, Fe 0.26–1.17 мас. %). В отдельных зёрнах прослеживается слабая зональность: в центральной части содержания серебра ниже, чем в краевых,

2) электрум с примесями меди, железа и теллура в единичных анализах (Au 64.20–78.45 мас. %, Ag 35.35–21.87 мас. %, Cu 0.41–0.52 мас. %, Fe 0.28–0.61 мас. %, Te 0.49–0.86 мас. %).

Заключение

1. По уровню среза в Алдан-Маадырской рудной зоне выделяется нижний ярус, представленный венд-кембрийскими отложениями с телами гипербазитов и лиственитов, и верхний ярус, охватывающий конгломераты и сланцы ордовика. Вертикальная протяженность системы превышает 1100 м. Наиболее продуктивный уровень предполагается на контакте лиственитов с базальными конгломератами ордовика.

2. Результаты микрозондовых анализов золота Алдан-Маадырской зоны показывают широкие колебания составов, что свидетельствует о длительности процессов рудообразования.

3. Отмечается четкое различие по содержанию ртути в золото-серебряных минералах между Хаак-Саирским золото-лиственитовым и Улуг-Саирским золото-кварцевым месторождениями. Золото-серебряные фазы Хаак-Саирского месторождения представляют собой практически полный изоморфный ряд – от высокопробного самородного золота через серебристое золото (электрум) до золотистого серебра (кюстелита). благороднометаллическая минерализация Улуг-Саирского месторождения характеризуется разбросом составов от самородного золота до электрума.

4. На месторождениях Алдан-Маадырской зоны буровые работы не проводились, и они не получили достоверной оценки ни в отношении коренной, ни в отношении россыпной золотоносности. Выявленные к настоящему времени золотосодержащие кварцевые жилы в поле ордовикских и силурийских отложений следует рассматривать как надрудные образования, свойственные месторождениям золото-полисульфидно-кварцевой формации [Золото..., 2003]. Близкая геологическая ситуация известна на крупном Березовском месторождении (Урал), где золотоносные жилы сосредоточены вблизи границы лиственитов и вмещающих вулканогенно-осадочных отложений и сопровождаются турмалином [Сазонов и др., 2001; Юминов, 2001].

5. Прогнозные ресурсы золоторудной зоны по категории P_1 оценены в 30 т при подвеске 300 м при среднем содержании золота в рудных телах 2–8 г/т. Перспективы выявления промышленного оруденения требуют опосредованного контакта на границе лиственитов и перекрывающих ордовикских конгломератов.

6. Для определения возраста оруденения целесообразно выполнить анализ цирконов, присутствующих в турмалиносодержащих метасоматитах и провести сравнение боросодержащей минерализации в гранитоидах региона.

Исследования поддержаны РФФИ (07-05-00260-а), интеграционным проектом ученых УрО-СО РАН и ЮУрГУ, Правительством Республики Тыва.

Литература

Зайкова Е. В., Зайков В. В. О золотом оруденении в Западной Тыве, связанном с девонским магматизмом // Материалы по геологии Тувинской АССР. Кызыл: 1969. С. 72–76.

Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Коротеев В. А., Поленов Ю. А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2001. 621 с.

Рудные формации Тывы. Новосибирск: Наука, 1981. 201 с.

Самородное золоторудных и россыпных месторождений России. М.: ЦНИГРИ / Под ред. А. И. Кривцова, 2003. 184 с.

Чвилева Т. Н., Безсмертная М. С., Спиридонов Э. М. и др. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. Л.: Недра, 1988. 503 с.

Юминов А. М. Типы и условия образования пиррофиллитовой минерализации на Березовском рудном поле (Средний Урал). Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2001. 24 с.

Н. Н. Анкушева, В. В. Зайков
Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс
ankusheva@ilmeny.ac.ru

Физико-химические условия формирования золото-кварцевых жил Улуг-Саирского месторождения (Западная Тува)

Улуг-Саирское месторождение расположено в Алдан-Маадырской золоторудной зоне в Западной Туве. Оно приурочено к конгломератам ордовикского возраста, смятым в антиклинальную складку. Детальное геологическое строение месторождения дано в материалах В. В. Зайкова с соавторами в настоящем сборнике.

Целью данной работы было определение физико-химических условий формирования золото-кварцевых жил в конгломератах ордовикского возраста. Для исследований флюидных включений применялся микротермометрический метод с использованием микрокриотермостоллика THMSG-600 (LINKAM), позволяющего производить измерения температур фазовых переходов в интервале $-196 \dots +600$ °С, с микроскопом Olympus (объектив 50^x). Управляющее программное обеспечение LinkSys 32. Точность измерений ± 0.1 °С в интервале температур $-20 \dots +80$ °С и ± 1 °С за пределами этого интервала. Солевой состав гидротермальных растворов во включениях оценивался по температурам эвтектик [Борисенко, 1977]. Температуры гомогенизации фиксировались в момент исчезновения газового пузырька при нагревании препарата в термокамере и приняты за минимальные температуры процесса минералообразования [Реддер, 1987]. Концентрации солей для включений без плотных газов в растворах рассчитывались по температурам плавления последних кристаллических фаз [Bodnar, Vityk, 1994]. Исследования проводились в лаборатории термобарогеохимии на геологическом факультете Миасского филиала ЮУрГУ. Золото во вмещающем кварце исследовалось на электронном микроскопе РЭММА-202МВ (аналитик В. А. Котляров).

Для термобарогеохимических исследований из образцов кварцевых жил месторождения было изготовлено 20 прозрачно-полированных шлифов, из которых результативными являются два, результаты исследования по которым приведены (образцы АЛ-18-5 и АЛ-5138).

Включения некрупные, имеют размеры порядка 10 мкм, изометричную, вытянутую форму, часто со сложными очертаниями или элементами кристаллографической огранки (типа «отрицательного кристалла»). Выбранные включения не имеют видимой связи с залеченными трещинами и, скорее всего, являются первичными. Они распределены неравномерно в минерале. По фазовому составу встречаются существенно газовые и газовой-жидкие включения. Исследовались двухфазные включения, состоящие из водного раствора и газового пузырька, газовые пузырьки занимают 15–20 % объема включения.