УДК 553.3/.4:553.2

ЭПИТЕРМАЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ГОРНОГО, РУДНОГО АЛТАЯ И ГОРНОЙ ШОРИИ

Гусев А.И.

Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, г. Бийск, Россия, e- mail - anzerg@mail.ru

Приведены данные по эпитермальному золото-серебряному оруденению Горного, Рудного Алтая и Горной Шории. Выделены 2 генетических типа: низкосернистый (адуляр-серицитовый) и высокосернистый (кислотно-сульфатный). В низкосернистом типе различимы 3 подтипа: золото-серебряный, полиметалльный олово-серебряный и серебро-обогащённый полиметалльный. Приведены данные минеральному составу, температурам образования, солёности газово-жидких включений, пробности золота.

Ключевые слова: эпитермальные руды, золото, серебро, олово, полиметаллы, низкосернистый, высокосернистый, температура кристаллизации, пробность золота

EPITHERMAL ORE MINERALIZATION OF NOBLE METALS OF MOUNTAIN, RUDNY ALTAI AND MOUNTAIN SHORIA

Gusev A.I.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, Russia, e- mail anzerg@mail. ru

Data on epithermal gold-silver ore mineralization of Mountain, Rudny Altai and Mountain Shoria lead. Two genetic types detached: low sulfur (adularia-sericite) and high sulfur (acidic-sulfate). Tree subtypes differed in low sulfate types: gold-silver, polimetallic tin-sikver and gold-rich polimetallic. Data on mineral composition, temperature of crystallization, salinity of gas-liquid inclusions, fineness.

Keywords: epithermal ores, gold, silver, tin, polimetalls, low sulfate, high sulfate, temperature of crystallization, fineness

Введение

Эпитермальное оруденение в регионе генетически связано с областями проявления девонских вулкано-плутонических комплексов в Рудном, Горном Алтае и Горной Шории. По составу оно охватывает минерализацию золото-серебряную, серебряную, олово-серебряную, медно-золотую [3]. Согласно существующим классификациям [8-11] рассматриваемое оруденение можно разделить на два главных генетических типа: низкосернистый (адуляр-серицитовый) и высокосернистый (кислотно-сульфатный). В низкосернистом типе различимы 3 подтипа: золото-серебряный, полиметалльный олово-серебряный и серебро-обогащённый полиметалльный. *Цель исследования* – систематизировать разрозненные сведения по эпитермальному золото-серебряному оруденению западной части Алтае-Саянского складчатого пояса.

Описание главных типов эпитермального золото-серебряного оруденения

Золото-серебряный подтип в ***Горном Алтае*** представлен проявлением Сурич Новофирсовского золоторудного узла, приуроченным к вулкано-тектонической структуре пул-апарт, заложенной на пересечении субмеридионального разлома мантийного заложения и дизъюнктива северо-восточной ориентировки [3-6]. Структура формировалась в условиях сдвиго-раздвига и генерировала несколько эруптивных центров, сопровождавшихся субвулканическими образованиями риолит-порфиров. Вулканиты куяганского комплекса (D_2) участка (андезиты, дациты, риолиты и их туфы) и субвулканические образования относятся к известково-щелочной серии. Типоморфным признаком золото-серебряного оруденения в Новофирсовоском рудном узле являются очаговые вулканические аппараты центрального типа (Сурич, Игнашиха и другие). Две зоны минерализации субмеридиональной ориентировки представлены дроблёными вулканитами и их туфами, интенсивно аргиллизированными, пронизанными разно ориентированными прожилками и гнёздами кварцевого, кварц-адулярового состава, а также халцедоновидного кварца и халцедона, образующими штокверк. Мощности зон от 10 до 18м, протяжённости по простиранию более 200 м. Местами отмечаются кварциты с тонкой рассеянной вкрапленностью сульфидов. Сульфидная минерализация локализуется в аргиллизитах и в жильных образованиях и представлена пиритом, реже галенитом,

сфалеритом, халькопиритом, самородным золотом, аргентитом. Содержания золота в зоне варьируют от 0,1 до 107 г/т. (в среднем 3,3 г/т), серебра от 3 до 150 г/т. Среднее отношение в рудах Au:Ag=1:20. Температура гомогенизации газово-жидких включений в кварце, содержащем золото, составляет 180-210˚С. Общая солёность включений низкая (1,3-3,1‰ в эквиваленте NaCl). В их составе преобладают CO_2 и HCl. В небольших количествах определены N_2 и H_3BO_3. Содержания золота в пирите от 3,1 до 12,4 г/т.

Аналогичное по составу оруденение в ***Горной Шории*** распространено на участке Майско-Семёновском Майского золоторудного узла, приуроченном к флюидо-эксплозивным брекчиям андезитового состава, и редким дайкам кварцевых сиенитов, аплитов, претерпевшим интенсивную пропилитизацию и аргиллизацию [4]. Отмечены кварциты с тонкой вкрапленностью пирита, сфалерита, халькопирита, реже халькозина, борнита. Такой же набор сульфидов встречается и в прожилках кварцевого, сидерит-кварцевого, адуляр-кварцевого составов. Местами в таких прожилках отмечаются барит и кальцит в виде вкрапленности. Площадь флюидо-эксплозивных брекчий около 2 км^2 (0,62×3,1 км). Полоса флюидо-эксплозивных брекчий протягивается на 6 км в северо-западном направлении, где предполагается второй эксплозивный аппарат. Концентрации золота в брекчиях варьируют от 0,2 до 5 г/т. Самородное золото, аргентит, электрум, арсенопирит, тетраэдрит, редко, пираргирит, обнаружены в кварце II генерации, образующем тонкие прожилки (1-3 мм) и гнёзда в сложных адуляр-кварцевых образованиях. Содержания золота в рудах колеблются от 0,5 до 34 г/т., серебра от 2 до 135 г/т. Проба золота низкая (765‰). Отношение Au:Ag=1:15÷1:24. Концентрации золота в пирите варьируют от 2,5 до 13,2 г/т., в арсенопирите от 14 до 150 г/т., в халькопирите от 2 до 11 г/т. Гомогенизация первичных газово-жидких включений в кварце I генерации происходит при температурах 230-210˚С, а в кварце II генерации - при температурах 170-205˚С. Солёность включений в кварце I генерации 1,8-3,7 ‰, а в кварце II генерации 1,5-2,9 ‰ (в эквиваленте NaCl). Набор летучих компонентов в вакуолях ограничивается CO_2, HCl и N_2. Маточные растворы близки к нейтральным по pH показателю и относятся к восстановленному типу.

В ***Рудном Алтае*** к этому же типу относится Черепановское золото-серебряное месторождение залегает среди эффузивно-осадочных пород среднего девона, представленных кварцевыми порфирами, риолитами и лавобрекчиями кислого состава, перемежающимися с туфосланцами сосновской свиты (D_2) [5].

Представлено оно серией кварцево-рудных жил среди гидротермально-изменённых вулканитов кислого состава, относившихся ранее к давыдовской свите; жилы ориентированны субширотно и субмеридионально. Субширотная система насчитывает 10 параллельных жил с падением на север под углами 75-85°. Мощность жил – от нескольких сантиметров до 2м, протяжённость по простиранию - 20-150м. Субмеридиональная система включает 5 жил, простирающихся на 20-140 м и падающих на юго-восток и восток под углами 35-85°. Мощность - 0,7-4 м, часто с раздувами, пережимами и выклиниваниями. Обе системы жил сопровождаются сетью тонких жил метаморфизованных долеритов, которые пересекают рудные жилы без заметного смещения.

Рудными первичными минералами являются самородное серебро, а также галенит, сфалерит, халькопирит, электрум, кераргирит. Из вторичных минералов - отмечаются малахит, лимонит, смитсонит, церуссит, англезит, аргентит. Отработано в прошлом веке до глубины 64 м, практически до полного выклинивания известных кварцево-рудных жил. При этом добыто 9877613 пудов (158000 тонн) несортированной руды, из которой получено 52,48 т серебра при среднем содержании 332,15 г/т. В 80-е годы 20 века на месторождении одиночными скважинами прослежено небогатое прожилково-вкрапленное полиметаллическое с золотом и серебром (не кварцевожильное) оруденение до глубины 800 м без признаков выклинивания. По нашим данным месторождение представляет собой сложный штокверк жил и прожилков размерами 150×200 м. Помимо кварца в жилах и прожилках присутствуют адуляр и халцедон. Обнаружены тонкие прожилки флюорита мощностью до 3 мм. Выявлены крустификационные структуры халцедона в зоне, указывающие на эпитермальный низкотемпературный тип минерализации. Нередко отмечаются кварциты мозаичной микроструктуры с прожилками квар-

ца стебельчатой структуры, содержащего вкрапленность галенита, сфалерита, пирита, редко аргентита и самородного золота. Иногда в таких прожилках наблюдаются гнёзда опала, барита и вкрапленность марказита, аргентита. В пробе-протолочке из кварцитов с вкрапленностью сульфидов обнаружены самородное золото, кюстелит, самородное серебро, матильдит, герсдорфит, валлериит, аргентит, прустит, науманнит, агуларит, госларит, кераргирит, мелантерит, халькантит, пирит, мельниковит, пирротин, сфалерит, галенит, кобальтин. Нами в протолочке из флюидо-эксплозивной брекчии по фельзитам обнаружены также кюстелит, аргентит, тетраэдрит, пирсеит, прустит в тонких срастаниях с науманнитом и агуларитом.

Сложные прожилки кварц-хлорит-адулярового состава содержат вкрапленность барита, самородного серебра, аргентита и акантита. Концентрации элементов по спектральным анализам проб в кварцитах составляют: меди от 0.02 до 0.3%, свинца и цинка от 0.1 до более 1%, серебра от 40 до более 3000 г/т, золота от 0.8 до более 10г/т, мышьяка более 80 г/т, сурьмы до 300 г/т. На месторождении нами выделяются три стадии минерализации: 1- кварц-пирит-альбитовая с хлоритом (предрудная); 2- галенит-сфалерит-кварцевая; 3- золото-серебряная. Кристаллизация минералов первой стадии минерализации, согласно хлоритовому термометру, происходило при наиболее высокой температуре: 340-330˚С. Температура гомогенизации газово-жидких включений в кварце 1 генерации близка к вышеуказанной и составляет 350-340˚С. Кристаллизация минералов проходила из слабо концентрированных растворов (7,1-5,3 мас. % эквив. NaCl). Руды галенит-сфалерит-кварцевой стадии, присутствующие во флюидо-эксплозивных брекчиях первого типа, формировались из хлоридно-натриевых слабо концентрированных растворов (3,5-5,7 мас. % эквив. NaCl). Температура гомогенизации кварца 2 генерации протекает при значениях 220-195˚С).

Отложение золота и минералов серебра происходило из натрий-хлоридных флюидов при более низких температурах (гомогенизация кварца 3 генерации происходит при 180-150˚С) и с повышенной соленостью (12-16 мас. % эквив. NaCl). Набор летучих компонентов в вакуолях ограничивается CO_2, HCl, в меньших количествах B_2O_3, H_2S, N_2. Маточные растворы близки к нейтральным по pH показателю и относятся к восстановленному типу.

Серебро-обогащённый полиметаллический подтип в Горном Алтае встречен в верховьях р. Тюлем и в правом борту р. Б. Сия. Он контролируется эруптивными центрами, приуроченными к сбросу С-С-З ориентировки. Зона минерализации в верховьях р. Тюлем сложена брекчией по туфам и лавам андезитов, сцементированной кварцем, кальцитом и сложными прожилками кварц-кальцитового состава с вкрапленностью адуляра, родохрозита, барита, реже флюорита. Мощность зоны 2,5 м. В зоне минерализации и во вмещающих породах отмечена вкрапленность пирита, тетраэдрита, пираргирита, сфалерита, галенита. В протолочках определены также самородное золото, электрум, бурнонит и бисмутит. Содержания серебра варьируют от 3,5 до 38 г/т, золота от 0,1 до 0,4 г/т. Гомогенизация флюидных включений в кварце с сульфидами составляет 175˚С. Содержания золота в пирите колеблются от 5 до 40 г/т.

Аналогичные проявления в ***Горной Шории*** локализуются в верховьях р. Кубань. Приурочены они к зонам разломов такой же С-С-З ориентировки, как и на участках Тюлем и Б. Сия, контролирующим мелкие эруптивные центры, в строении которых участвуют лавы и туфы андезитов, трахидацитов.

Оруденение олово-серебряного полиметаллического подтипа обнаружено в северной части Уйменского рифтогенного прогиба в местах проявления эруптивных центров, участвующих в строении крупной Саганы-Кылайской вулкано-плутонической структуры площадью 550 км^2. Эруптивные центры сложены риодацит-риолитовыми лавами и туфами такого же состава (саганская свита –D_2), а также субвулканическими куполами трахириодацит-порфиров, кварцевых порфиров. Субвулканические образования обнаруживают близость к кварцевым латитам. Эруптивные центры и купола контролируются крупными глубинными разломами С-З направления, являющиеся поперечными к плану «алтайских структур», подчёркиваемые контрастными градиентами Δg и сопровождаемые зонами трещиноватости такой же ориентировки. Последние затрагивают и вулканогенные образования, и субвулканические купола и локализуются в их контактовых частях (левый борт р.

Бельги, р.р. Угул, Байаюк, Б. Кузя, Коурсан, р.Каракокша выше устья р. Саганы, а также вершина г. Кылай). Местами к этим зонам приурочены дайки кварцевых диоритовых порфиритов. В указанных зонах проявлены кварцевые жилы и системы кулисных прожилков кварца с сульфидной минерализацией, образующей тонкую вкрапленность: касситерит, пирит, тетраэдрит, редко арсенопирит, сфалерит (клейофан), вюртцит, галенит, халькопирит, пираргирит, джемсонит. Сульфосоли серебра выделялись в заключительную стадию минерализации и приурочены к тонким прожилкам кварца с баритом, секущим ранний кварц с касситеритом и пиритом. Местами в поздних прожилках отмечается кокардовая текстура. В зоне окисления отмечено самородное серебро. Содержания олова в зонах колеблются от 0,04 до 0,3%, серебра – от 5 до 28 г/т). Концентрации серебра в пирите варьируют от 25 до 300г/т, золота от 0,5 до 10 г/т. Околорудные изменения представлены аргиллизитами (серицитизация, алунитизация). Гомогенизация первичных газово-жидких включений в кварце I генерации с пиритом и касситеритом происходит в интервале температур 230-210˚С, а аналогичных включений в кварце II генерации с сульфосолями серебра – 160-180˚С.

Эпитермальное медно-золотое оруденение высокосернистого типа (кислотно-сульфатного) зарегистрировано в Горном Алтае на восточном склоне г. Чакпундобэ, а также в междуречье Байгол-Лебедь среди вулканитов трахириодацитового состава (саганская свита – D_2). Медно-золоторудное Ложковое проявление, представленное зоной прожилковой минерализации видимой мощностью 1,4 м, приурочено к зоне разлома ориентированного параллельно контакту субвулканического штока г. Чакпундобэ и, вероятно, локализуется в верхней части медно-золото-порфировой системы Чакпундобэ [1]. Кварц-баритовые и кварцевые прожилки содержат спорадическую рассеянную вкрапленность пирита, гематита, халькопирита, борнита, халькозина. В последних под микроскопом обнаружены энаргит и люцонит в виде мелких включений. Коррозионные границы энаргита с борнитом и халькопиритом указывают на раннюю кристаллизацию первого и метасоматическое замещение его поздними относительно малосернистыми халькопиритом, борнитом, халькозином. Высокосернистые сульфиды являются типоморфными для описываемого типа оруденения. Кроме того, отмечается самородная сера, которая присутствует в зальбандах некоторых прожилков кварц-баритового состава. Концентрации меди в рудах составляют 0,05-0,2%, золота- 0,2-0,9 г/т, серебра- 2-8 г/т. Зона сопровождается аргиллизитами с широким развитием алунита. Наличие значительного количества барита, алунита в околорудно изменённых породах свидетельствует о процессах кислотного выщелачивания, сопровождавших этот тип оруденения. Гомогенизация газово-жидких включений кварца, содержащего сульфиды, осуществляется в интервале температур 190-210˚С. В составе включений, помимо таких традиционных летучих компонентов как CO_2 и HCl, определены SO_2 и H_3BO_3. Рудоносные растворы, в отличие от низко сернистого типа, относятся к окисленному типу и характеризуются кислотной средой (pH вакуолей продуктивного кварца осциллирует от 1,5 до 3). Проявления высокосернистого типа в регионе ассоциируют с медно-золото-порфировыми, самородной меди, баритовыми.

Близкий состав имеет проявление балки Безымянной на юге Коксаирского рудного поля, где среди развалов лиловых алевролитов, а также обломков кварц-карбонатных жильных образований, в которых отмечаются ящичные текстуры и «сухари» с лимонитом. Местами в кварце наблюдается спорадическая тонкая вкрапленность сульфидов (пирита, люцонита) размером до 0,5 мм. В кварц-карбонатной материале геохимической пробы определено содержание золота 4 г/т. Данное проявление, к эпитермальному золото-серебряному типу, требующему прослеживание и вскрытие зоны по простиранию. В целом месторождение можно отнести к эпитермальному золото-серебряному типу с наложенной киноварной минерализацией и обнаруживает сходство с золото-серебряно-ртутным месторождением Парадайз Пик в Западной Неваде.

Интерпретация результатов

Геологические условия локализации описанных типов эпитермального оруденения указывают на их тесную пространственную связь с порфировыми субвулканическими образованиями. На примере рассмотренных магмо-рудно-метасоматических систем (МРМС) вырисовывается общая схема их генерации и зональности. В об-

щем виде зональность порфировых МРМС можно представить в следующем виде. В центре зональных МРМС располагается рудогенерирующий порфировый шток или интрузив в апикальной части которого локализуется медно-золото-порфировое оруденение (нередко во флюидо-эксплозивных брекчиях). Выше последнего (в лавах, туфах, брекчиях) располагается высокосернистое золото-серебряное эпитермальное оруденение. Все типы низкосернистого эпитермального благороднометалльного оруденения являются дистальными фациями рудообразования порфировой МРМС.

Эпитермальные месторождения Горного Алтая и Горной Шории сопровождаются аномальными структурами геохимического поля (АСГП).

Наибольшими перспективами обладают АСГП с минимальным набором элементов максимальных концентраций в зоне ядерного концентрирования и наиболее высокой кислотностью среды рудообразования и сопутствующих метасоматитов [7].

Заключение

Таким образом, эпитермальное золото-серебряное оруденение в регионах Алтае-Саянской складчатой области относится к двум генетическим типаам: низкосернистому (адуляр-серицитовому) и высокосернистому (кислотно-сульфатному). В низкосернистом типе различимы 3 подтипа: золото-серебряный, полиметалльный олово-серебряный и серебро-обогащённый полиметалльный. Все типы и подтипы характеризуются специфическими минеральными и геохимическими особенностями. Оруденение сопровождается зональными аномальными структурами геохимического поля.

Список литературы

1.Гусев А.И. Петрология медно-золотогенерирующих порфировых комплексов Горного Алтая и Горной Шории // Петрология магматических и метаморфических комплексов. -Томск, 2002. - С.78-86.

2. Гусев А.И. Флюидный режим и рудоносность Майской магмо-рудно-метасоматической системы в Горной Шории // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований. - Новосибирск, 2003. - С. 110-112.

3. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. - Томск, Изд-во STT, 2003. - 308 с.

4. Гусев А.И. Эпитермальное оруденение благородных металлов Горного Алтая и Горной Шории // Известия Томского политехнического университета, 2005. - №3. – Том 308. - С. 32-35.

5. Гусев А.И. Эпитермальное золото-серебряное Черпановское месторождение Рудного Алтая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2010. - № 10. - С. 96-99.

6. Гусев А.И., Гусев Н.И., Васильченко Т.А. Магматизм и ооруденение Рудного Алтая. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. - 270 с.

7. Гусев А,И. Аномальные структуры геохимических полей эпитермального золото-серебряного оруденения Горного Алтай и Горной Шории // Успехи современного естествознания, 2012. - № 1. – С. 12-16.

8. Нарсеев В.А., Курбанов Н.К., Константинов М.М. и др. Прогнозирование и поиски месторождений золота. - М., ЦНИГРИ, 1989. - 237 с.

9. Hedenquist J.W., Izawa E., Arribas A., White N.C. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration // Resouce Geology Special Publication. Tokyo, Japan, 1996. - №1. - 17 p.

10. Mosier D.L., Menzie W.D., Kleinhampl F.J. Geologic and Grade-Tonnage Information on Tertiary Epithermal Precious- and Base-Metal Vein Districts Assotiated with Volcanic Rocks // US Geol. Surv. Bull. - №1666, 1986 - 42 p.

11. Sillitoe R.H. Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features //Mineral Deposit Modelling. Canada, Newfoundland, 1995. - Pp.403-418.