ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЭВОЛЮЦИЯ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ ВЕДЛОЗЕРСКО- СЕГОЗЕРСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА (КАРЕЛИЯ)

Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Дмитриева А.В.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, kuleshev@krc.karelia.ru

Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс (ЗП) формировался на западной окраине Водлозерского блока в интервале времени 3.05-2.85 млрд. лет в разных геодинамических обстановках: островодужной, задугового бассейна и окраинно-континентальной. Окраинно-континентальные вулканогенно-осадочные комплексы сопровождаются колчеданным и колчеданно-полиметаллическим оруденением. Мезоархейский орогенный этап завершился 2.86-2.85 млрд. лет кислым интрузивным магматизмом, складчатыми деформациями и метаморфизмом зеленосланцевой-эпидот-амфиболитовой фации. Вмещающие толщи прорываются известково-щелочными диорит-плагиогранитными массивами (2.85 млрд. л.), дайками в их ореоле, небольшими порфировыми интрузиями (Талпус). С кварцевыми штокверками, прожилковыми линейными зонами и зонами рассланцевания в экзоконтактах этих массивов связано образование небольших Au-S, Au-S-As-рудопроявлений, перспективных на золото. Нарастание земной коры в интервале времени ~2.9-3.0 млрд. лет и более древний этап гранитообразования (Чебинский массив и другие ТТГ-комплексы западного и СЗ обрамления Водлозерского блока) не сопровождаются сульфидной рудной минерализацией.

Формирование ЗП в западном обрамлении Водлозерского блока и магматическая активность позднего этапа (2.74-2.65 млрд. л.) завершается заложением пулл-апарт структур и внедрением умереннощелочных массивов санукитоидной серии (2.74 млрд. л.) и калиевыми гранитами (2.7-2.68 млрд. л.) вдоль западной окраины Водлозерского блока. Как показывает анализ, проведенный для Карелии, и данные по металлогенической специализации массивов санукитоидной серии на других докембрийских щитах, умереннощелочные гранитоидные массивы могут рассматриваться как рудопроизводящие и перспективные на золото [1].

В соответствии с выделяемыми геодинамическими обстановками и благоприятными типами пород, золоторудные месторождения/проявления орогенного этапа в архейских зеленокаменных толщах Эльмусской и Хаутавааро-Ведлозерской площадей представлены разными типами руд: 1 – золото-содержащими колчеданными; 2 – Au-S, Au-S-As жильными, связанными с известково-щелочными гранитными массивами, дайками и малыми порфировыми телами (2.85 млрд. л.); 3 – Au-Cu-Mo-порфировые и Au-редкометалльные проявления, сопровождающие граниты повышенной щелочности (2.74 млрд. л.); 4 – Au-S, Au-S-As, Au-редкометалльными в позднеархейских шир-зонах.

Наложение палеопротерозойских и свекофенских рудных процессов на архейские зеленокаменные породы в западном обрамлении Ведлозерско-Сегозерского ЗП и формирование месторождений и рудопроявлений в них соответствующего возраста не подтверждается и требует доказательств.

Мезоархейская металлогеническая эпоха С вулканизмом кислого и среднего состава калаярвинской, кивилампинской и бергаульской свит связано наиболее интенсивное колчеданное рудообразование в интервале времени 2.88-2.85 млрд. лет. К этим свитам приурочены месторождения/рудопроявления колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд в мезоархейских ЗП в обрамлении Водлозерского блока (объединенные в колчеданный пояс Карелии). В колчеданно-полиметаллических рудах Хаутаваарского месторождения, кроме основных сульфидов (пирита и пирротина), присутствуют сфалерит, халькопирит (Zn 17.02 %, Cu 1 %, S 38-44 %) [9], Au до 1-5.5 г/т. На Нялмозерском и Ведлозерском рудопроявлениях содержания Au достигает 3-3.9 г/т. На Улялегском колчеданном рудопроявлении содержание Au – 0.01-0.1 г/т. В южной части площади в колчеданно-полиметаллических рудах (проявления Нялмозерское, Койноваара, Кайназъярви, Саваярвинское) повышается содержание Pb (возможно влияние гранитов рапакиви).

В Койкарской структуре колчеданные руды пиритового типа содержат низкие концентрации микропримесей. На Эльмусской площади на проявлении Талпус колчеданные залежи образуют согласные с вмещающими сланцами бергаульской свиты лопия маломощные (7-13 м) линзующиеся тела субмеридионального простирания (С-93, С-303, 302). Текстура колчеданных руд массивная, вкрапленно-полосчатая. Руды содержат пирит (70-80 %), арсенопирит (1-5 %), в небольшом количестве пирротин, халькопирит, сфалерит и золото. Арсенопиритовая минерализация в колчеданах, как предполагается, может быть наложенной. Содержания золота в рудах достигают 2-5 г/т.

Мезоархейский гранитоидный магматизм (комплексы Шуйский, Орехозерский, Карташинский, массив Талпус) завершает ранний орогенный этап формирования западного обрамления Водлозерского блока (2.86-2.85 млрд. л.). С «внутриструктурными» массивами, особенно с малыми телами и дайками, а также зонами рассланцевания в их экзоконтактах связана золото-сульфоарсенидная минерализация, установленная на участках Талпус, Гавшланная, Эльмус, Столбовая гора, золото-полиметаллическая минерализация (Восточное Орехозеро) [3, 5, 10]. Проявление Талпус-«гранитный» приурочено к кварцевому штокверку в небольшом внутриструктурном массиве Na-Ca-гранит-порфиров Талпус, имеющих возраст 2861 ± 10 млн. лет [2]. Кварцевый штокверк сформирован системой СЗ и СВ жил. К зальбандам кварцевых жил приурочен тонкоигольчатый арсенопирит (5-7 %), с ним ассоциируют пирит, галенит, реже встречаются сфалерит и халькопирит. На удалении от центральной части штокверка развиты сульфиды – пирит, халькопирит, сфалерит, сульфосоли (тетраэдрит-теннантит и Pb-Ag-Sb-S ряда). Тонкое золото (и электрум в поздних ассоциациях) в штокверковой зоне представлено в сростании с пиритом [5].

К субмеридиональным шир-зонам центральной части Эльмусской зеленокаменной структуры, к экзоконтактам крупных ТТГ-массивов, либо к штокверковым зонам над нескрытыми массивами, приурочены золото-сульфоарсенидные проявления. Оруденение проявления Талпус-«арсенопиритовый» (С-303) приурочено к кварц-альбит-анкерит-хлоритовым метасоматитам, формирующимся по рассланцованным кислым туфогенно-осадочным породам в субмеридиональной шир-зоне. Руды проявления Талпус-«арсенопиритовый» вкрапленные, вкрапленно-прожилковые, содержат арсенопирит (7-15 %), пирротин (1-3 %), редкие сульфиды полиметаллов и золото, секутся пирит-кварц-карбонатными прожилками (пирита ~1-5 %). Арсенопирит сростается с пирротин и сульфидами полиметаллов, в нем встречаются микронные включения золота, реже электрум. Содержание Au в рудах достигает 20.8 г/т.

В западном обрамлении Карташинского и Орехозерского гранитоидных массивов к зоне контакта приурочены рассланцованные вмещающие толщи и система порфировых даек. Зоны рассланцевания сопровождаются вкрапленно-прожилковой Au-S-As- или Au-S-минерализацией (проявления Южное и Восточное Орехозеро, Гавшланная). Au-S-As-минерализация проявления Гавшланная содержит Au 0.05-0.5 г/т, As 4.13 %; Cu в ppm – 280, Sb 59, Ni 30-152, Pb 9.5, W 63, Y 46. Au-S-проявление Восточное Орехозеро характеризуется повышенными концентрациями Cu (0.62-1 %), Bi, Au (от 3.22 – до 18 г/т). К кварцевому штокверку в кислых вулканогенно-осадочных толщах над нескрытой интрузией приурочена арсенопиритовая минерализация Эльмусского проявления. Содержание As во вкрапленно-прожилковых рудах достигает 10 %, Ag до 11.4 г/т, Cu до 0.7 %, Pb до 0.2 %, Zn до 1 %, W до 0.06-0.1 %, Au в среднем составляет 4.2 г/т (до 15 г/т, по данным КГЭ).

К субмеридиональным позднеархейским зонам сдвиговых деформаций относится золото-пиритовая минерализация месторождения Педролампи с высокопробным золотом [3]. Золото-сульфидная минерализация приурочена к ССВ шир-зоне в сланцах по основным туфам. Рудокласты и обломки жил встречаются в перекрывающих осадках и грубообломочных породах. Возможно, что формирование этого небольшого месторождения произошло в интервале ~2.72 млрд. л., так как золото встречается в перекрывающих осадках, относимых к пулл-апарт структурам. В зоне окисления на участках Педролампи и Южка встречается крупное в пиритах (Педролампи) и тонкодисперсное (Южка) золото, переотложенное в лимонитовой массе.

Неоархейская металлогеническая эпоха в обрамлении Водлозерского блока связана с внедрением умереннощелочных санукитоидных комплексов – преимущественно массивов граносиенитов-монцогранитов. С граносиенитами Хаутаваарского массива (2.74 млрд. л.) связано золоторудное проявление Центральное Хаутаваарское (участки Северный и Центральный). Оруденение приурочено к северо-восточной части массива, к СЗ линейной штокверковой зоне, прослеженной на расстояние около 1 км. Система жил в штокверке имеет СЗ и СВ простирание. Наиболее высокие содержания золота связаны с пирит-кварцевыми жилами и зонами рассланцевания и изменения участка Центральный. Основная жила на этом участке имеет СВ простирание (70°) и крутое падение (СЗ 85°). Кроме нее вскрыта серия и более мелких СЗ прожилков на участке Северный. Содержание Au в зальбандах основной жилы достигает 6-28 г/т, в более мелких прожилках – 1-5.61 г/т. Рудная минерализация сопровождается аномальными концентрациями Mo, Cu, Pb, Te, Bi, Ag в относительно слабо измененных граносиенитах. Для проявления Центральное Хаутаваарское ресурсы категории P_1 составляют 2.015 т (при средних содержаниях Au 2.83 г/т на участке Северном и 7.05 г/т на участке Центральном, по данным ООО «Онего-Золото»). На участке Центральном пиритовая минерализация в зальбандах жил сопровождается золотом, молибденитом, встречаются галенит, халькопирит и более редкие Bi-Te-Pb-S фазы – сульфосоли и висмутотеллуриды [4]. На участке Северном рудная минерализация в рассланцованных и измененных граносиенитах и зальбандах прожилков представлена молибденитом, пиритом, золотом, встречаются пирротин, халькопирит, реже единичные галенит, цумоит, гессит, шеелит. Соотношение Cu/Mo в штокверке колеблется от 0.1 до 67, в рудах с молибденитом – наиболее низкое и составляет 0.1-1, что характерно для Mo-S и Mo-(Au-Cu)-S-проявлений. На периферии Хаутаваарского массива встречаются небольшие проявления полиметаллов, в которых также установлены несколько повышенные концентрации золота. Между массивами Хаутаваарским и Коруд в СЗ шир-зоне выявлено рудопроявление Au-S-As и Au-Bi рудопроявление Раялампи [6].

Золото-сульфоарсенидное месторождение Новые Пески расположено в небольшой архейской зеленокаменной структуре в юго-восточной части Хаутавааро-Водлозерской площади. Au-S-As-минерализация небольшого месторождения Новые Пески (Au 2.59 г/т) в юго-восточной части Карелии представлена арсенопиритом, леллингитом, золотом (~7 % Ag), реже сульфидами железа и меди и аксессуарными минералами – галенитом, мальдонитом, висмутом, шеелитом [7]. Ассоциация представленная арсенопиритом, леллингитом, золотом с пирротином, либо пиритом, формируется в разных условиях в зависимости от соотношения As и S. В большинстве докембрийских высокотемпературных Au-S-As месторождений в условиях дефицита серы формируются руды с золотосодержащим леллингитом. На стадии ретроградного метаморфизма, в условиях привноса серы в зонах деформаций, последовательно образуются ассоциации арсенопирита с пирротином или пиритом. Снижение температуры сопровождалось замещением леллингита арсенопиритом и выделением золота, сначала тонкодисперсного на границе с леллингитом, а затем более крупного. Прямая корреляция As и Au позволяет рассматривать арсенопирит как индикатор золоторудной минерализации. Au-S-As руды неоднородные, среднезернистые, вкрапленно-полосчатые, прожилковые или гнездово-вкрапленные. Количество сульфоарсенидов и сульфидов составляет 20-25 %. Руды содержат арсенопирит (5-30 %), леллингит (1-3 %), пирротин (1-3 %), халькопирит (до 5-6 %), пирит (5-10 %), сфалерит (1 %), глаукодот, галенит и единичные выделения шеелита, золота, висмута и мальдонита. Рудная зона выделяется по аномальным концентрациям As, Au, иногда W (в ppm): Co 60.1-243.5; Ni 2.3-9; Cu 83-451; Zn 33.3-171.5; Sb 1.3-6.8; W 1-79; Pb до 17; Bi 0.3-3; Ag 0.07-0.14.

В Койкарской структуре золоторудное проявление Северо-Гирвасское приурочено к субмеридиональной (ССВ) шир-зоне [8]. Зона складчатой деформации и рассланцевания представлена низкотемпературными ассоциациями зеленых сланцев (хлорит, серицит, маложелезистый доломит, кварц, альбит, рутил). Нерудные минералы жил и гнезд сложены кварцем и кальцитом (в количестве 5-10 %). Рудная минерализация Северо-Гирвасского проявления представлена пиритовой вкрапленностью в тонкоплитчатых сланцах, карбонат-кварцевых гнездах и золото-стибио-арсенидно-сульфидной вкрапленной минерализацией в кальцит-кварцевых и кварцевых жилах и прожилках,

секущих более ранние деформации пород. Гнездовая и жильная минерализация характеризуется следующим набором элементов: S, As, Fe, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Sb, в зависимости от первичного состава измененных пород. Оруденение представлено пиритом, арсенопиритом, Fe-Ni-Co-стибиосульфоарсенидами, галенитом, Ag-Bi-галенитом, халькопиритом, сфалеритом, пенландитом, висмутом, электрумом, кюстелитом, гаухекорнитом, матильдитом, образовавшимися в мезотермальных условиях, источник вещества которых был комплексный.

Таким образом, металлогенические перспективы на золото отдельных зеленокаменных структур в обрамлении Водлозерского блока связаны с массивами гранитоидов, формировавшихся 2.86-2.85 млрд. л. и 2.74 млрд. л. назад и зонами сдвиговых деформаций в их ореоле, в меньшей степени с колчеданными рудами, которые подверглись влиянию более поздних процессов. Геохимическая специализация раннеорогенных проявлений, как в известково-щелочных гранитах, так и в шир-зонах, отличается простым набором элементов –

Au, Fe, S, As, (Sb), реже Cu, Zn, присутствием сульфидов и сульфоарсенидов сидерофильных элементов и наличием Au-S и Au-S-As-рудно-формационных типов руд. Геохимическая специализация месторождений и рудопроявлений, завершающих формирование умереннощелочных гранитов и приуроченных к позднеархейским сдвиговым зонам носит гранитофильный профиль, характеризуется набором таких элементов, как Au, Bi, Mo, Pb, Te, As, (W, Cu) и оруденением золото-редкометалльного рудно-формационного типа – Au-Mo (Cu, W), Au-Bi-(Te, Pb, Cu), Au-Te-Cu в зональности с Au-S-As (W) минерализацией.

Литература

1. Дмитриева А.В. Металлогеническая специализация неоархейского умереннощелочного магматизма Центральной Карелии // Автореферат. 2017. 20 с.
2. Иванов Д.В., Лохов К.А. Первые данные о U-Pb возрасте цирконов из гранитного массива Талпус (Эльмусская площадь, центральная Карелия) // Матер. IV Междун. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. С.-Пб. 2015. С. 431-435.
3. Кулешевич Л.В. Педролампи – золото-сульфидное месторождение в докембрии Карелии // ДАН. Т. 422. № 6. 2008. С. 802-806.
4. Кулешевич Л.В., Дмитриева А.В. Au-S-кварцевое Mo-содержащее проявление Центральное в Хаутаваарском дифференцированном массиве, Южная Карелия // Руды и металлы. № 5. 2015. С. 38-50.
5. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Дмитриева А.В. Золото-сульфоарсенидная минерализация проявления Талпус, Эльмусская площадь, Карелия // Тр. XII Всерос. с межд. участием Ферсмановской научной сессии, посв. 80-летию со дня рождения акад. РАН Ф.П. Митрофанова. Апатиты. 2015. С. 130-134.
6. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Дмитриева А.В., Тытык В.М. Золото-содержащая полиметаллическая и сульфоарсенидная минерализация экзоконтакта Хаутаваарского массива (Южная Карелия) // Тр. КарНЦ РАН. 2017. № 11. С. 59-77.
7. Кулешевич Л.В., Тытык В.М., Компанченко А.А. Au-S-As минерализация месторождения Новые Пески в докембрии Карелии. Au-S-As минерализация месторождения Новые Пески в докембрии Карелии // Руды и металлы. 2014. №5. С. 37-45.
8. Лавров О.Б., Кулешевич Л.В. Золоторудная минерализация Койкарской структуры, Центральная Карелия // Тр. КарНЦ РАН. 2012. С. 87-99.
9. Минерально-сырьевая база республики Карелия. Под ред. Михайлова В.П., Аминова В.Н. Петрозаводск: «Карелия». 2005. Кн. 1. С. 278.
10. Олейник И.Л., Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Иванов Д.В. Рудно-формационные типы и минеральные ассоциации золоторудных объектов Эльмусской площади // Матер. межд. конференции «Золото Фенноскандинавского щита». Петрозаводск. 2013. С. 141-145.